This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

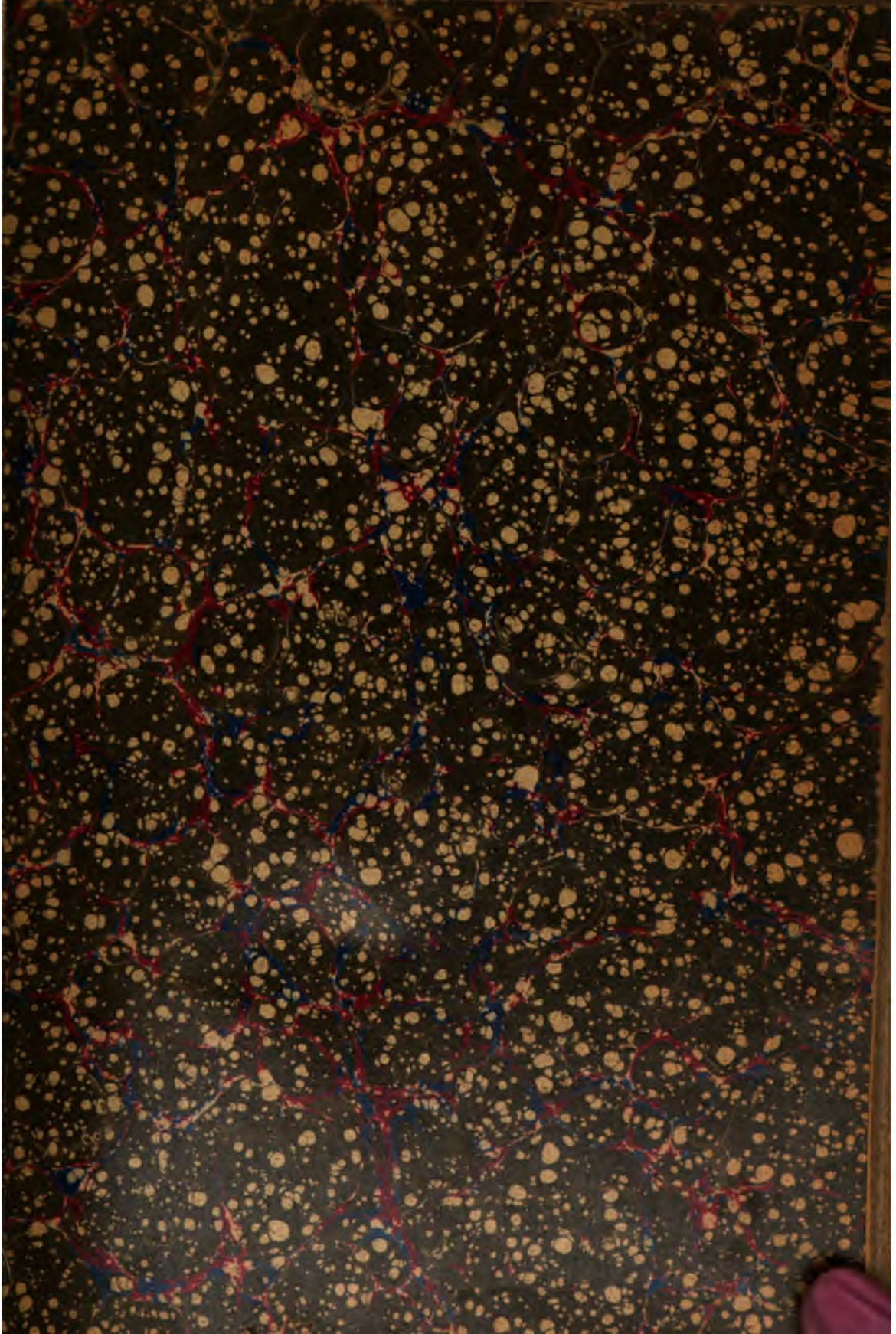
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

UC-NRLF
B 3 905 110



Mk. 29223

Das Mikroskop.

Leitfaden

der mikroskopischen Technik nach dem heutigen Stande der theoretischen und praktischen Erfahrungen.

Von

A. v. Schweiger-Lerchenfeld.

Mit 192 Abbildungen

u. zw.: 91 Text-Abbildungen, 3 Vollbildern und 13 Tafeln (mit zusammen 98 Einzeldarstellungen).

Wien. Pest. Leipzig.

A. Hartleben's Verlag.

Das Mikroskop.

Leitfaden

der mikroskopischen Technik nach dem heutigen Stande der theoretischen und praktischen Erfahrungen.

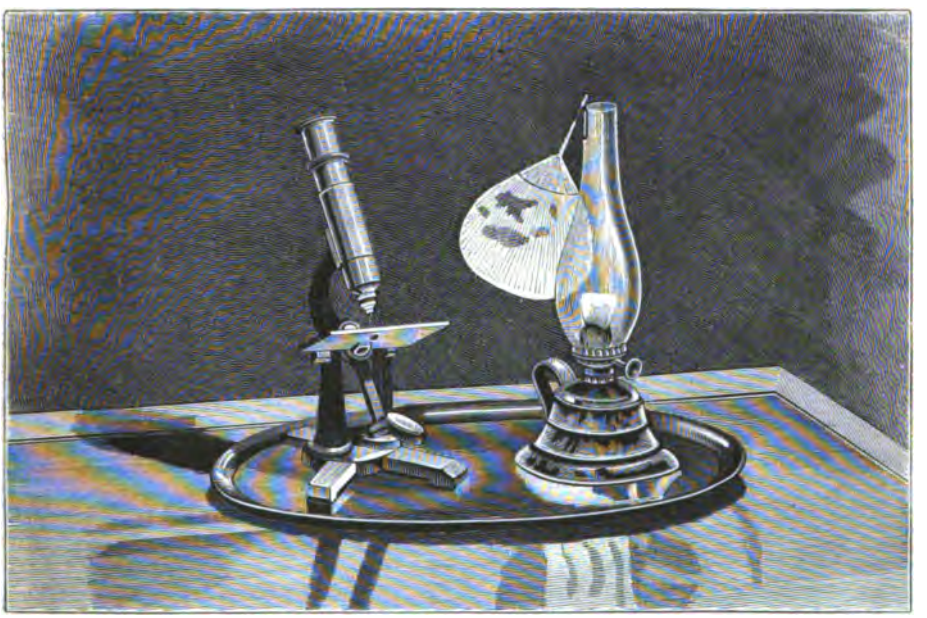
Das Mikroskop.

Leitfaden

der mikroskopischen Technik nach dem heutigen Stande der theoretischen und praktischen Erfahrungen.

Von

A. v. Schweiger-Lerchenfeld.



Mit 192 Abbildungen,
u. zw. 91 Text-Abbildungen, 3 Vollbildern und 13 Tafeln (mit zusammen 98 Einzeldarstellungen).

Wien. Pest. Leipzig.
A. Hartleben's Verlag.
1892.

(Alle Rechte vorbehalten.)

Druck von Friedrich Jasper in Wien.

Erster Abschnitt.

Die Mikroskope und deren Hilfsapparate.

Jeder Naturfreund, dem es daran gelegen ist, einen klaren Einblick in alle Vorgänge zu gewinnen, welche mit dem Verlaufe des Lebensprocesses zusammenhängen, sollte eine tüchtige Schule in der Mikroskopie durchmachen. Bei der Vorzüglichkeit der heutigen Mikroskope und deren Hilfsapparaten, so wie in Anbetracht der verhältnißmäßigen Wohlfeilheit derselben, kann an Alle, die es mit ihren naturwissenschaftlichen Studien ernst meinen, das Verlangen gestellt werden, sich über das ganze Gebiet der mikroskopischen Technik eingehend zu informiren, unbeschadet der Thatsache, daß Diejenigen, die dergleichen Studien nur aus Liebhaberei betreiben, der mikroskopischen Technik in dem vollen Umfange, wie sie dem Mikroskopiker von Beruf unentbehrlich sind, entrathen können. Dagegen möchte die Kenntniß aller Hilfsmittel, mittelst welchen es gelungen ist, einen dem unbewaffneten Auge völlig verhüllten Schatz wissenschaftlicher Thatsachen zu entschleiern, erst den klaren Einblick in gewisse Lebenserscheinungen vermitteln. Heutigen Tages ist es gar nicht möglich, ein einigermaßen vom Geiste der Wissenschaft getragenes Werk biologischen Inhaltes ohne eine vollkommene Vertrautheit mit mikroskopischen Apparaten mit Verständniß und Genuß zu lesen. Wie sich dieser Thatsache gegenüber Derjenige zu stellen hat, der selber Untersuchungen anstellen will, ergiebt sich von selbst.

Man braucht übrigens gar nicht so weit zu gehen, um die Nützlichkeit der hier in Frage stehenden Technik zu erhärten. In gebildeten Kreisen, insbesondere in jenen, welchen Studienbeflissene angehören, ist das Mikroskop allenthalben eingebürgert und bietet Allen, die sich seiner bedienen, eine unversiegbare Quelle der Belehrung und Unterhaltung. In England und in Amerika hat sich aus diesem Grunde das Mikroskop in allen Classen verbreitet. »Es steht nicht allein in den Laboratorien der Chemiker, Apotheker und Handwerker, sondern auch in den Salons.

Bei festlichen Gelegenheiten und Soiréen findet man sehr oft eingestellte Instrumente auf drehbaren Tischen vor, welche den Gästen infusorielles Leben, reizende Farbenspiele oder sonst Interessantes zeigen.« Nebenher hat sich das Mikroskop als ein ausgezeichnetes Hilfsmittel in der Hauswirthschaft erwiesen, indem sein Gebrauch die Möglichkeit bietet, sich von der Güte und Echtheit der Nahrungsmittel und verschiedener Handelswaaren zu überzeugen. Der Gebrauch des Mikroskopes ermöglicht ferner, uns über solche Vorgänge in Kenntniß zu setzen, die unser Leben in Gefahr bringen. Aus derlei mikroskopischen Untersuchungen wird uns die Kenntniß aller jener dem unbewaffneten Auge unsichtbaren kleinen Feinde des Menschen erwachsen und zugleich die Handhabe gegeben, auf welche Weise diesen Feinden zu begegnen ist. Es kann daher keinem Zweifel unterliegen, daß neben dem Lerntriebe und der belehrenden Unterhaltung für die gebildeten Kreise aus dem vorstehend gekennzeichneten Sachverhalte gewissermaßen die Pflicht erwächst, die Resultate, welche der Forscher durch das Mikroskop gewonnen hat, bis zu einem gewissen Grade sich zu eigen zu machen.

Leider wiegen in dieser Richtung Unkenntniß und Irrthümer noch immer vor. Hierzu zählt auch die Meinung, daß das Mikroskopiren eigentlich eine ausschließlich dem Naturforscher von Beruf zukommende Thätigkeit sei, oder richtiger, daß das Um und Auf der Naturforschung im fleißigen Mikroskopiren bestehe. Darnach würde Derjenige, der das beste Instrument besitzt, ganz folgerichtig auch die meisten Aussichten haben, wichtige wissenschaftliche Entdeckungen zu machen. Wie verkehrt diese Ansicht ist, wird nach kurzer Ueberlegung klar. Treffend sagt in diesem Sinne ein deutscher Gelehrter, es müsse doch Jedem von selbst einleuchten, »daß ein Fleischbeschauer, dem man das Mikroskop von Rudolf Virchow in die Hand giebt, damit noch keineswegs in den Stand gesetzt wird, weittragende mikroskopisch-anatomische Funde zu machen. Dazu gehört schon etwas mehr als die Fertigkeit, freie und eingekapselte Trichinen, Miescher'sche Schläuche und dergleichen in primitiven Quetschpräparaten zu unterscheiden«. Mit anderen Worten: wer mikroskopische Untersuchungen mit Nutzen anstellen will, muß die unerläßlichen naturwissenschaftlichen Kenntnisse mitbringen, denn nur auf Basis dieser Kenntnisse wird er in die Lage versetzt, die Einzelheiten, welche ihm das Mikroskop enthüllt, nach ihrer Bedeutung, ihrer Stellung im Baue des betreffenden Organismus, in ihren Beziehungen zum Ganzen auf Grundlage feststehender anatomischer Thatsachen und physiologischer Functionen zu beurtheilen.

Bevor wir auf das ziemlich weitschichtige Gebiet der Mikroskope und der mikroskopischen Technik übergehen, möchten einige Worte über den Ursprung und die Entwickelung der ersteren am Platze sein. Hierbei wird es sich zeigen, daß das Mikroskop bei der heutigen Laienwelt eine Rolle spielt, welche sich im Großen und Ganzen wenig von dem Standpunkte unterscheidet, der vor mehr als zwei Jahrhunderten maßgebend war. In einer 1687 in Nürnberg erschienenen Schrift, die sich »Micrographia nova« betitelt und die eine »Neu-Curieuse Beschreibung

verschiedener kleiner Körper, welche vermittelst eines absonderlichen von dem Authore neu erfundenen Vergrößer-Glases verwunderlich groß vorgestellt werden«, liefert. Dieser »Authore« nannte sich Griendel von Ach, und die von ihm beobachteten Gegenstände charakterisiren genügend den Standpunkt der mikroskopischen »Forschung« in jener entlegenen Zeit. Es sind dies die nachfolgenden Gegenstände: ein Stückchen niederländischer Flor, ein Floh, das Ei eines Flohs, ein Fliegenkopf, ein Fliegenmund, ein Fliegenauge, ein Fliegenfuß, eine Mücke, eine Käsemilbe, ein Wurm aus einer Erbse, eine Kamille, eine Kornblume, »ein Schimmel voller Blumen und Pflanzen«, eine Erdbeere, ein Goldfaden, ein Zwirnsfaden, allerhand Borsten und Haare, allerlei Samen, eine Nadelspitze, ein Stecknadelkopf, ein gedruckter Buchstabe, rother Ufer- und Flußsand u. s. w.

Mit wenigen Ausnahmen begnügen sich auch heute noch Laien mit einer solchen Auswahl von »Präparaten«. Kein Wunder also, daß die Neugierde — denn nur eine solche ist es — in Kürze erlahmt, wenn unter den zu erhaschenden Dingen, die uns umgeben, sich keiner mehr vorfindet, der der Untersuchung werth wäre. Einem solchen Dilettantismus kann nur mit dem Hinweise auf die Aneignung naturwissenschaftlicher Kenntnisse abgeholfen werden. Sind diese einmal erworben, dann ergiebt sich der zweckmäßige Gebrauch des Mikroskopes ganz von selbst. Es bedarf hierzu keineswegs der vorzüglichsten und vollkommensten Instrumente dieser Art mit dem ganzen complicirten Zubehör an Hilfsapparaten, deren der berufsmäßige Forscher nicht entrathen kann. Beweis dessen der wissenschaftliche Erfolg der ersten Mikroskopiker, welche bekanntlich über die unzulänglichsten Hilfsmittel verfügten.

Was würde heute ein gut unterrichteter Primaner sagen, wenn man ihm ein Instrument in die Hand gäbe, dessen sich der unvergeßliche Anton von Leeuwenhoeck bediente und mittelst welchem er als Erster den Erscheinungen des infusoriellen Lebens auf die Spur kam? Leeuwenhoeck war 1732 zu Delft geboren und wurde für den Kaufmannsstand bestimmt, so daß er keine wissenschaftliche Ausbildung genoß. Aber aus Liebhaberei betrieb er die Anfertigung von Glaslinsen, die er in einer für die damalige Zeit vorzüglichen Weise herstellte. Daß Leeuwenhoeck der Erfinder des Mikroskopes war, ist nicht richtig, da nach dem Nachweise des berühmten Utrechter Präparators Harting die Erfindung der Vergrößerungsgläser in die Zeit von 1584 bis 1610 fällt. Erwiesen aber ist, daß Leeuwenhoeck mit Hilfe der von ihm selbst gefertigten Linsen sich eine Vorrichtung zusammenstellte, mittelst welcher Untersuchungen im Sinne der mikroskopischen Forschung angestellt werden konnten. Nach der Beschreibung des Professors Kölliker, welcher das beste von Leeuwenhoeck benützte Mikroskop in der Sammlung Harting's sah, bestand dasselbe aus einer Metallplatte von der Größe und Dicke einer kleineren Visitenkarte; in der Mitte des oberen Drittels der Platte befand sich eine einzige Linse von winzigem Durchmesser. Eine an der einen Seite der Platte befestigte und nach zwei Richtungen hin bewegliche Pincette diente zum Halten der Objecte, die,

wenn sie feucht waren, zwischen zwei Glimmerblättchen gebracht wurden. Die Schwierigkeiten des Untersuchens mit diesem Instrumente, das mit der einen Hand ganz dicht vor das Auge gebracht werden mußte, während die andere die Stellung der Pincette regulirte, müssen ungeheuer gewesen sein, und man muß den Feuereifer bewundern — bemerkt Kölliker — dem es gelang, auf diesem Wege so Bedeutendes zu leisten.

Und worin bestanden diese Leistungen? In einer Reihe wichtiger Entdeckungen, welche den Namen Leeuwenhoeck's auch bei den Männern der Wissenschaft zu hohem Ansehen brachten. Er entdeckte die Blutkörperchen, die Zahnröhrchen, die Linsenfasern, die Querstreifung des Muskels und andere Structurverhältnisse; sodann die facettirten Augen der Insecten, die Schuppen der Schmetterlinge, die Vermehrung der Blattläuse, die Knospung der Süßwasserpolypen, vor Allem aber jene winzigen, im Wasser lebenden Mikroorganismen, denen man den Namen Infusorien gegeben hat. Die Infusorienforschung wurde denn auch so recht zur Lebensaufgabe Leeuwenhoeck's.

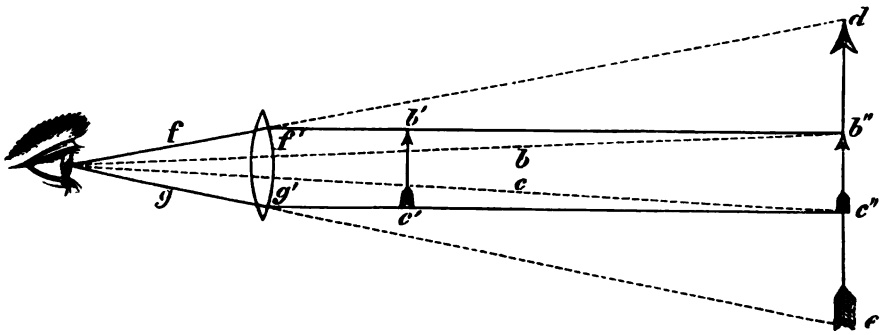
Trotz dieser Errungenschaften wurde das Mikroskop weder damals noch in längeren Zeitläufen hierauf populär; es verblieb ausschließlich in den Händen der Gelehrten, von denen übrigens einige Zeitgenossen des »naturforschenden Dilettanten in Delft« dessen Entdeckungen mit großem Mißtrauen begegneten. Im 17. Jahrhundert bestand der Tubus der Mikroskope in der Regel aus Pappe, und wenn im 18. Jahrhunderte derlei Instrumente auch viel solider gebaut wurden, fanden sie gleichwohl keine allgemeine Verbreitung. Die Handhabung der Mikroskope war eine sehr umständliche, indem man sie mit der Hand gegen das Licht halten mußte, um den zu untersuchenden Gegenstand beobachten zu können. Diesem Uebelstande half zu Anfang des 18. Jahrhunderts der Franzose Joblot durch Einführung eines Linsenträgers mit Gelenkstativ ab, und Cuff vervollständigte diese Verbesserung ganz wesentlich durch die Construction eines mit dem Mikroskope verbundenen Objecttisches (1755).

In allen diesen Fällen handelte es sich aber ausschließlich um das sogenannte einfache Mikroskop. Jede Convexlinse ist ein solches einfaches Mikroskop, insofern sie von dem Gegenstande, der sich innerhalb der Brennweite befindet, ein virtuelles, vergrößertes und aufrechtes Bild entwirft. Je größer die Krümmung, je kürzer die Brennweite, desto größer das Bild. Jede erhabene Linse mit kurzer Brennweite heißt Lupe; jede erhabene Linse mit einer Brennweite von weniger als einem Centimeter wird ein einfaches Mikroskop genannt.

Zur Erklärung des Gesagten nehmen wir an, daß sich in nebenstehender Figur in b' c' ein Gegenstand befände, welcher durch Vermittelung der Linse g' f' auf die Netzhaut unseres Auges den Eindruck der Vergrößerung hervorrufen soll. Die von b' c' ausgehenden Strahlen werden durch die Linse f' g' nach deren Brennpunkt, also hier nach der Stelle, wo sich das beschauende Auge befindet, geworfen. Das Auge aber versetzt das Bild eines durch eine Linse betrachteten Gegenstandes

in die Fortsetzung der in dem Brennpunkte der Linse sich kreuzenden Strahlen. Demnach werden wir das Bild des Gegenstandes b' c', welches wir ohne Linse mit unbewaffnetem Auge stets in der Richtung b'' c'' erkennen würden, in die Fortsetzung der gebrochenen Strahlen von f nach d und von g nach e verlegen; wir werden mithin in de das Bild des Gegenstandes b' c' in dem Maße vergrößert sehen, als solches der Brechungskraft der Linse entspricht.

In der Figur Seite 6 ist ein solches einfaches Mikroskop dargestellt, das einer weiteren Erläuterung nicht bedarf. Man kann indeß mehrere Linsen so mit einander vereinigen, daß sie wie eine einzige wirken, dabei aber eine viel größere Oeffnung gewähren und somit eine bedeutendere Helligkeit des Gesichtsfeldes darbieten. Zwischen beiden Linsen befindet sich meist ein Metallring — die sogenannte »Blendung« — welche die Randstrahlen abhält, d. h. die sphärische Aberration verringert. Solche Lupen werden »zusammengesetzte« genannt. Man kann eine solche Lupe mit einem Stative (Objecttisch und Planspiegel) versehen, wodurch ihr Gebrauch



wesentlich erleichtert wird und für einfachere Untersuchungen ganz gut entspricht. Die Figur Seite 6 zeigt ein solches kleines Lupenstativ von Zeiß in Jena.

Im Vorstehenden wurde die Aberration erwähnt, und erscheint es nöthig hierüber einige erklärende Worte anzufügen. Die Annahme, daß alle Lichtstrahlen, welche von einem Punkte ausgehen, nach ihrem Hindurchgange durch eine Sammellinse sich jenseits wieder in einem Punkte vereinigen, trifft nur bedingungsweise zu, d. h. in dem Falle, daß die Krümmung der Linse gewisse Grenzen einhält. Wird die Krümmung größer, so liegt der Vereinigungspunkt für die am Rande gebrochenen Strahlen näher bei der Linse als der Vereinigungspunkt der mehr nach der Mitte zu gebrochenen, was natürlich die Reinheit des entworfenen Bildes stören muß. Diese Eigenthümlichkeit der Brechung ist die »sphärische Aberration«. Um ihre störende Einwirkung zu paralysiren, bedient man sich der oben erwähnten ringförmigen Blendungen. Ein anderer Uebelstand ist die sogenannte »chromatische Aberration«, deren Ursache darin liegt, daß jede Linse für jede Strahlenart einen besonderen Brennpunkt besitzt. Die violetten und die blauen Strahlen werden stärker gebrochen, als die rothen

und gelben. Fällt also ein Bündel weißes Licht parallel mit der Achse auf eine Convexlinse, so wird der Brennpunkt für die violetten Strahlen näher, der für die rothen Strahlen entfernter vom Glase gelegen sein. In Folge dessen erscheinen die Bilder der stark gekrümmten Linsen stets mehr oder weniger mit Farbensäumen eingefaßt.

Um diesem Uebelstande zu steuern, bedurfte es der Construction sogenannter achromatischer Linsen. Nach Harting wäre das erste für wissenschaftliche Zwecke brauchbare achromatische Mikroskop von dem Holländer Hermann van Deyl im Jahre 1807 hergestellt worden. Wenige Jahre später wurden durch Fraunhofer weitere Fortschritte in dieser Richtung erzielt. Auch in der Folgezeit wurden immer neue Verbesserungen erreicht, so daß bald nach dem Erscheinen des epochemachenden

Einfaches Mikroskop.

Lupenstativ von C. Zeiß.

Werkes Christian Gottfried Ehrenberg's (1795 bis 1876) über die Infusorien (1838) und Schwann's bahnbrechender Arbeit: »Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen«, die Mikroskope bereits einen hohen Grad von Vollkommenheit erreicht hatten. Schwann und mit ihm im Bunde Schleiden versuchten es gegen Ende der dreißiger Jahre dieses Jahrhunderts, das Gemeinsame, welches sich in allen Organismen findet, unter einheitlichem Gesichtspunkt zu betrachten. Sie haben die ersten Anfänge einer eigenen Lehre von den Geweben und ihrer Bildung; sie zeigten, daß man unter einem Gewebe eine Summe von »Zellen« zu verstehen habe, welche nebeneinander gelagert seien, und welche unter einander unter Umständen verschiedene Formen darbieten, verschiedene Functionen zu übernehmen hätten, daß aber dennoch in einem jeden Gewebe eine große Summe gleichartiger Zellen vorhanden ist, die sich bezüg-

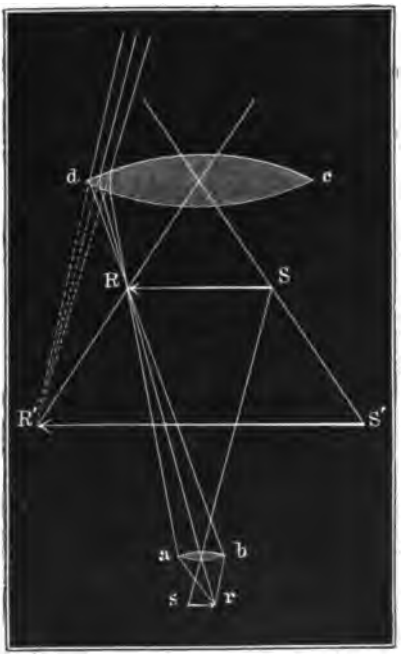
lich ihres Baues und ihrer Lebenserscheinungen als gleichwerthig darstellen. Auf diese Weise wurde eine Wissenschaft begründet, die als eine Anatomie des unendlich Kleinen erst eine Physiologie der Formung möglich machte, indem sie aus Zellen und Zellsystemen das hierin waltende Leben kennen lernte. Diese Wissenschaft, welche durchwegs auf dem Mikroskope fußt, wird Histologie oder Gewebelehre genannt.

Von da ab datirte so recht eigentlich die Einführung des Mikroskopes in die wissenschaftliche Forschung. Neben der Histologie entwickelt sich parallel die Mykologie, die Kenntniß der Ursachen gefährlicher Krankheiten auf Grund mikroskopischer Untersuchungen. Den ersten Anstoß hierzu gab das Auftreten der furchtbaren Trichinosen-Epidemien, welche Furcht und Schrecken verbreiteten und zuerst von Paget, später von Owen, Viehow und Zenker auf ihren Ursprung geprüft wurden. Insbesondere war es Zenker, welcher die Trichine als einen der gefährlichsten, Gesundheit und Leben bedrohenden Feinde des Menschen entlarvte (1860). Dies wäre nimmer möglich gewesen, wenn zu jener Zeit die Mikroskope nicht einen hohen Grad von Vollkommenheit erreicht hätten. Kein Wunder also, daß mit einem Schlage die Mikroskope eine große Popularität erlangten. Während man vorher ein brauchbares Instrument nicht unter 180 Mark kaufte, erhielt man jetzt ein solches, natürlich in entsprechend einfacherer Form, schon für 30 bis 36 Mark. Der Optiker Wasserlein in Berlin war es, der, auf Anregung des Professors Julius Vogel, als der Erste den Markt mit recht brauchbaren Mikroskopen dieser Art versorgte. Auf diese Weise wurden diese in das praktische Leben eingeführt.

Es wurde weiter oben erwähnt, daß mit Beginn der mikroskopischen Technik vorerst nur einfache Mikroskope in Verwendung standen, während die zusammengesetzten dioptrischen Mikroskope ganz erheblich im Rückstande blieben. Robert Hooke und Eustachio Divini traten diesfalls bahnbrechend auf. Aber ihre Instrumente waren noch sehr unvollkommen. Die erste Verbesserung erzielte gegen Ende des 17. Jahrhunderts Anton Tortona dadurch, daß er den Objecttisch mit einer Oeffnung versah, so daß die Beobachtungen bei durchfallendem Lichte angestellt werden konnten. Kurze Zeit darauf wurde ein weiterer Schritt nach vorwärts gethan, indem Hertel die Beleuchtung des Objectes vermittelst eines unter dem Objecttische angebrachten beweglichen Blendspiegels erzielte. Gleichzeitig wandelte er das bis dahin immer in horizontaler Lage gebrauchte Instrument in ein vertical stehendes um, womit im Großen und Ganzen die heutige Gestalt der Mikroskope geschaffen wurde. An den Hertel'schen Instrumenten sind bereits die wichtigsten Elemente, aus welchen derzeit, wenn auch in unendlich vervollkommneter Form, die zusammengesetzten dioptrischen Mikroskope bestehen, vertreten: freier Objecttisch, beweglicher Planspiegel, Beleuchtungsvorrichtung für undurchsichtige Gegenstände und Mikrometerführung.

Die Figur auf Seite 8 erläutert die Wirkung des zusammengesetzten Mikroskopes. Von dem Gegenstande sr, der nahe beim Brennpunkte der Objectivlinse ab steht, wird durch dasselbe das verkehrte, vergrößerte Sammelbild RS hervorgerufen,

welches durch die Linse cd betrachtet, in R'S' erscheint. Die Figur zeigt, wie das von der Spitze r des Pfeiles ausgehende Strahlenbündel seinen Weg durch das Instrument nimmt. Die von r aus divergirend auf die Linse ab treffenden Strahlen divergiren nach ihrem Austritte aus der Linse cd derart, als ob sie von R' herkämen. ab ist also das Objectiv, sr das Object, SR das vergrößerte »Luftbild« desselben, dc das Ocular und R'S' schließlich das nochmals vergrößerte Luftbild. Das Gesichtsfeld eines Mikroskopes hängt von dem Durchmesser des Oculars ab, und zwar wird es durch den Winkel gemessen, unter welchem das Ocular von der Mitte des Objectivs aus erscheint. Das Princip des dioptrischen Sehens beruht also auf der Verbindung einer Objectivlinse mit einem Ocular, deren Entfernungen von einander durch einen verschiebbaren Mechanismus geregelt werden können. Die Vergrößerungsfähigkeit eines solchen Mikroskopes ist stets gleich dem Producte der Vergrößerungen, welche jede einzelne Linse hervorbringt. Wenn also das Objectiv (im Durchmesser, d. i. »linear«) zehnmal, das Ocular fünfmal vergrößert, so würde ein solches Instrument eine 50fache Linear- und eine 2500fache Flächenvergrößerung erzielen. In der mikroskopischen Praxis werden die Vergrößerungen fast ausnahmslos im linearen Sinne angegeben. Zum mindesten ist, wenn dem Vergrößerungswerthe keine weitere Bemerkung beigefügt ist, jener als linear zu verstehen.



Gang der Lichtstrahlen im zusammengesetzten Mikroskop.

Die Abbildung Seite 9 veranschaulicht ein zusammengesetztes dioptrisches Mikroskop einfacher Construction. Das Objectiv wird bei o angeschraubt, das Ocular ist mit seiner Fassung oben bei n eingeschoben. Die Objecte werden auf eine Platte (den Objecttisch), welche in ihrer Mitte durchlocht ist, gelegt. Unter dieser Platte befindet sich der Planspiegel s, der um eine Horizontal- und eine Verticalachse drehbar ist, so daß nach Belieben Licht auf das Object geworfen werden kann. Alle diese Theile sind auf einem Stativ montirt und zwar derart, daß der untere Theil des Tubus mit dem Objectiv festsitzt, während der obere Theil mit dem Ocular innerhalb der Messinghülle h sich nach auf- und abwärts bewegen läßt. Es geschieht dies bei der gröberen »Einstellung« mit freier Hand, bei der feineren Einstellung mittelst einer an passender Stelle angebrachten Mikrometerschraube (k). Ganz einfache und dementsprechend äußerst billige Instrumente entbehren des Stativs,

und zwar insoferne, als die untere Messinghülse als solches figurirt. Ein Ausschnitt in derselben wird mit einer horizontalen Querwand ausgerüstet, die den Objecttisch vertritt; der Planspiegel ist nur um eine Horizontalachse drehbar. Die Einstellung erfolgt nur durch Tubusbewegung, da die Mikrometerschraube fehlt. Solche Instrumente, welche keiner besonderen Schonung bedürfen und ihrer Kleinheit wegen bequem in die Tasche gesteckt werden können, bei 20- bis 25facher Vergrößerung aber ganz ausreichende Dienste leisten, eignen sich besonders zu Excursionen, zu Voruntersuchungen im Freien und zur Beobachtung größerer Objecte (Käfer, Blüthentheile 2c.), zu deren Präparation keine besondere Sorgfalt aufgewendet zu werden braucht.

Taschenmikroskop.

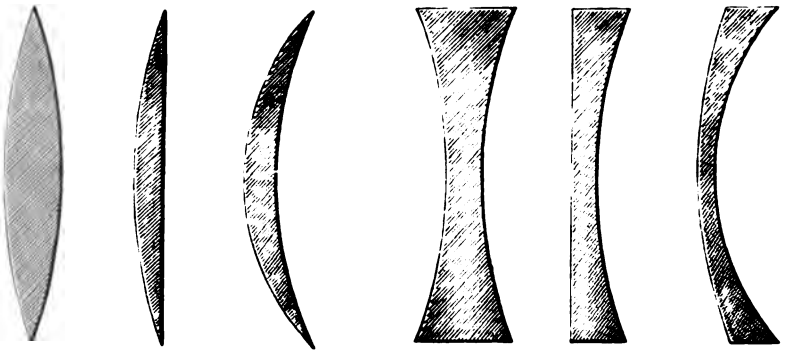
Ehe wir auf die zum Theil äußerst sinnreiche und complicirte Einrichtung der größeren und größten Mikroskope zu sprechen kommen, erscheint es nothwendig, uns etwas eingehender mit den elementaren Theilen, wie wir sie vorstehend kennen gelernt haben, zu beschäftigen. . . . Der wichtigste Theil eines Mikroskops sind die Objectivlinsen. Da von ihnen die Vergrößerung des Gegenstandes und die Deutlichkeit des erzeugten Bildes hauptsächlich abhängt, müssen sie mit größter Sorgfalt hergestellt werden, was um so schwieriger ist, als diese Linsen ungemein klein dimensionirt sind. Das Haupterforderniß eines Objectivs ist, daß es farbenfreie Bilder gebe, also achromatisch sei. Dies wurde bislang dadurch erzielt, daß man Linsen von verschiedener Substanz, also verschiedenem Brechungsvermögen combinirte. Diese Combination wird durch die Vereinigung einer biconvexen Linse aus Crownglas mit einer planconcaven Linse aus Flintglas erreicht. (Vergleiche die Figuren von Sammel- und Zerstreuungslinsen Seite 10.) Die durch die Sammellinse herbeigeführte Brechung wird durch die Zerstreuungslinse vermindert, nicht aber aufgehoben. Zugleich wird die in der Crownglaslinse entstandene Farbenzerstreuung durch die entgegengesetzte des Flintglases wieder ausgeglichen.

Zusammengesetztes Mikroskop.

Trotz alledem ist die Achromasie durch eine derartige Combination nicht in vollkommener Weise zu erzielen. Man behilft sich auch damit, daß man der Flintglaslinse ein geringes Uebergewicht giebt, um das Gesichtsfeld in einem bläulichen Schimmer, der auf die Augen sehr wohlthuend wirkt, erscheinen zu lassen. In diesem Sinne spricht man von »übercorrigirten« Doppellinsen, zum Unterschiede von »unter-

corrigirten« Doppellinsen, wenn das Uebergewicht dem Crownglase zukommt. Die Wirkung ist diesfalls die, daß das Gesichtsfeld in einem röthlichen Schimmer erscheint.

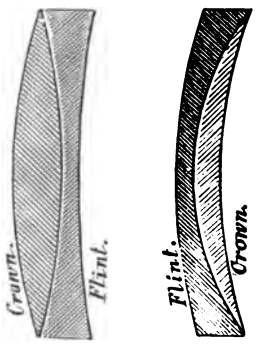
Aus allerjüngster Zeit ist aber in Bezug auf die Achromasie eine Neuerung zu verzeichnen, welche einen ganz wesentlichen Fortschritt bedeutet. Diese Neuerung



1 2 3
Sammellinsen.
1 biconvexe, 2 planconvexe und 3 concav-convexe Linse.

1 2 3
Zerstreuungslinsen.
1 biconcave, 2 planconvexe und 3 convex-concave Linse.

ist, wie so viele andere hervorragende Leistungen, aus dem weltberühmten optischen Institut von Karl Zeiß in Jena hervorgegangen. Im Verfolge langjähriger Versuche Dr. Schott's und Prof. Abbe's, den nimmermüden Mitarbeitern am Zeiß'schen Institute, ist es gelungen, eine Reihe neuer Glasarten (namentlich Borat- und Phosphatgläser) herzustellen, welche im Brechungsvermögen und Farbenzerstreuung günstigere Verhältnisse für die Construction des Mikroskopes darbieten, als die bisherigen Crown- und Flintgläser. Die mit den neuen Gläsern hergestellten Objective führen die Bezeichnung Apochromat-Objective. Dieselben sind außerordentlich lichtstark und besitzen die vortheilhafte Eigenschaft, daß das von ihnen entworfene Bild eine sehr starke Ocularvergrößerung verträgt. Demzufolge leistet jetzt ein System von $2^1/_2$ bis 3 Millimeter Brennweite (unter Zuhilfenahme stärkerer Oculare) dasselbe wie ein Objectiv von viel kürzerer Brennweite, so daß, um eine Gesammtvergrößerung von 1200 zu erzielen, jetzt keine größere Ocularvergrößerung als 80 bis 100 erforderlich ist.



Das unterscheidende Merkmal aber, durch welches sich die Apochromat-Objective vor allen früheren beim Mikroskop gebrauchten Linsensystemen auszeichnen, ist unter dem optischen Gesichtspunkte die gleichzeitige Erfüllung zweier Bedingungen der Strahlenvereinigung, welche bis dahin von keiner Art von optischen Constructionen

erreicht wurde; nämlich: 1. die Vereinigung von drei verschiedenen Farben des Spectrums in einem Punkte der Achse, d. h. die Aufhebung des sogenannten »secundären Spectrums« der bisherigen achromatischen Systeme; 2. die Correction der sphärischen Aberration für zwei verschiedene Farben, statt der früher allein erreichten Correction für eine einzige (die hellste) Farbe des Spectrums.

Während also alle bisher construirten optischen Systeme — Mikroskope ebenso wie andere — nur für die Strahlen einer Lichtgattung ein möglichst scharfes Bild entwerfen, für alle anderen Farben aber allenthalben verschwommene Bilder, welche theils als farbige Säume auftreten, theils als Nebel sich im Gesichtsfeld ausbreiten, sind in den Apochromaten die Bilder für alle Farben des Spectrums nahezu von gleicher Schärfe.

Während ferner in den früheren Systemen nur für eine Zone des Objectivs die Farbencorrection eine möglichst gute ist, nach dem Rande wie nach der Mitte der Linsenöffnung hin aber sich merklich verschlechtert, ist in den Apochromaten für alle Zonen in gleicher Weise die richtige Farbencorrection hergestellt. Während endlich bei gewöhnlichen achromatischen Systemen, auch in der Zone vollkommenster Farbencorrection, immer nur je zwei Farben in einem Punkt vereinigt sind, die verschiedenfarbigen Bilder also immer nur paarweise an dieselbe Stelle fallen, zwischen diesen Paaren aber eine merkliche Focusdifferenz stehen bleibt, sind (wie erwähnt) in den neuen Systemen je drei Farben in einem Punkte vereinigt, wodurch der Spielraum der Focusdifferenz für verschiedene Farben des Spectrums vom sichtbaren bis weit in den chemisch wirksamen Theil desselben hinein, auf den siebenten bis zehnten Theil verringert, also praktisch völlig aufgehoben ist.

Das sind in der That große und schwerwiegende Vortheile, welche als bahnbrechend in der neuen optischen Ausrüstung der Mikroskope bezeichnet werden müssen. Die apochromatischen Systeme sind allerdings nicht billig; aber das ist sicherlich der einzige Mangel, welcher ihnen anhaftet. Ein weiterer Vortheil der Apochromaten ist der, daß die natürlichen Farben der Präparate auch in den feineren Abstufungen unverfälscht im Bilde wiedergegeben werden. Die Bilder sind bis dicht zum Rande des Sehfeldes von gleicher Schärfe wie in der Mitte.

Wir kommen nun zu dem zweiten Theile des Linsensystems, dem Ocular. Das gebräuchliche Ocular unserer Mikroskope ist das sogenannte Huyghens'sche. Es besteht aus zwei planconvexen Linsen, die mit ihren Wölbungen dem Objective zugewendet sind. Die Entfernung zwischen beiden Linsen muß der halben Summe ihrer Brennweiten gleich sein, wenn das Ocular seine beste Wirkung entfalten soll. Die untere der beiden Linsen nennt man das Collectiv- oder Sammelglas. Zwischen diesem und dem eigentlichen Ocularglas befindet sich das sogenannte Diaphragma, eine mit einer Oeffnung versehene Blendscheibe, welcher die Aufgabe zufällt, die störenden Randstrahlen abzuhalten.

Die neuen Apochromaten haben auch zu einer wesentlichen Verbesserung der Oculare Anlaß gegeben. Dieselben sind nämlich jetzt so eingerichtet, daß sie die

technisch unvermeidlichen Fehler der Objective compensiren. Man nennt solche Oculare Compensations-Oculare. Die compensirende Wirkung tritt hauptsächlich dadurch in die Erscheinung, daß namentlich die höheren Nummern (Oculare von stärkerer Vergrößerung), bei welchen das Diaphragma zur Begrenzung des Sehfeldes außerhalb der Linsen angebracht ist, den körperlichen Rand dieses Diaphragmas mit rothem Saume zeigen, während mit den apochromatischen Objectiven das Bild des Objectes dicht an diesem Rande durchaus farblos erscheint.

Die Zeiß'sche Anstalt erzeugt noch verschiedene andere Oculare, welche der Vollständigkeit halber erwähnt werden müssen. Da ist zunächst das Sucherocular, ein sehr schwaches Ocular, das den Zweck verfolgt, die Reihe der mit jedem einzelnen Objectiv zu durchlaufenden Vergrößerungen auch nach unten hin möglichst weit auszudehnen, um die Voruntersuchung der Präparate und das Aufsuchen in ihnen bei den stärkeren Objectiven thunlichst zu erleichtern. Ferner ist das Arbeitsocular zu nennen. Bei ihm liegt der Augenpunkt so hoch über der obersten Linsenfläche und der Linsendurchmesser ist so reichlich groß, daß die Unbequemlichkeiten, welche bisher dem Gebrauche der Oculare von kurzer Brennweite anhafteten, vollständig beseitigt sind. Schließlich erwähnen wir die Projections-Oculare, welche zur Projection des vom Objectiv gelieferten Bildes auf einen Schirm zu Demonstrationszwecken oder auf die photographische Platte dienen.

Objectiv und Ocular sind, wie bereits erwähnt, in einem Tubus vereinigt, der aus zwei Theilen: dem feststehenden Objectivtheil (Hülse) und dem beweglichen Oculartheil oder dem eigentlichen Tubus besteht. Diese Anordnung ist die einzig rationelle, weil bei allen Mikroskopen der Abstand zwischen dem Objectiv und dem Ocular Regulirungen unterliegt, die durch mancherlei Umstände geboten sind. Einmal bedingen die jedem größeren Instrumente beigegebenen verschiedenen Objective und Oculare eine Verkürzung, beziehungsweise Verlängerung des Tubus; zweitens bewirkt eine Verlängerung des Abstandes zugleich eine Vergrößerung des Objectes, was freilich meist auf Kosten der Deutlichkeit des Sehfeldes geschieht; drittens wird es bei der Untersuchung von plastischen und zugleich undurchsichtigen Gegenständen nur in dem Falle möglich sein, alle Details zu erkennen, daß man den Abstand bald vergrößert, bald verkleinert, wodurch die zu oberst, an den Seiten und zu unterst am Rande des Gegenstandes liegenden Theile desselben nacheinander klar und plastisch in die Erscheinung treten.

Mit diesen Auseinandersetzungen hätten wir den optischen Theil der Mikroskope erschöpft. Er ist der Natur der Sache nach der einfachere, wenn auch der wichtigere, unterliegt aber zugleich den feststehenden optischen Gesetzen, so daß der Werth des Instrumentes lediglich auf den diesfalls in geringerer oder größerer Vollkommenheit hergestellten Linsensystemen beruht. Verschieden davon ist der mechanische Theil der Mikroskope. Der Leser braucht ohne weitere Kenntniß der hier in Frage kommenden Einzelheiten nur einen Blick auf die auf den nachstehenden Seiten vorgeführten Abbildungen zu werfen, um zu erkennen,

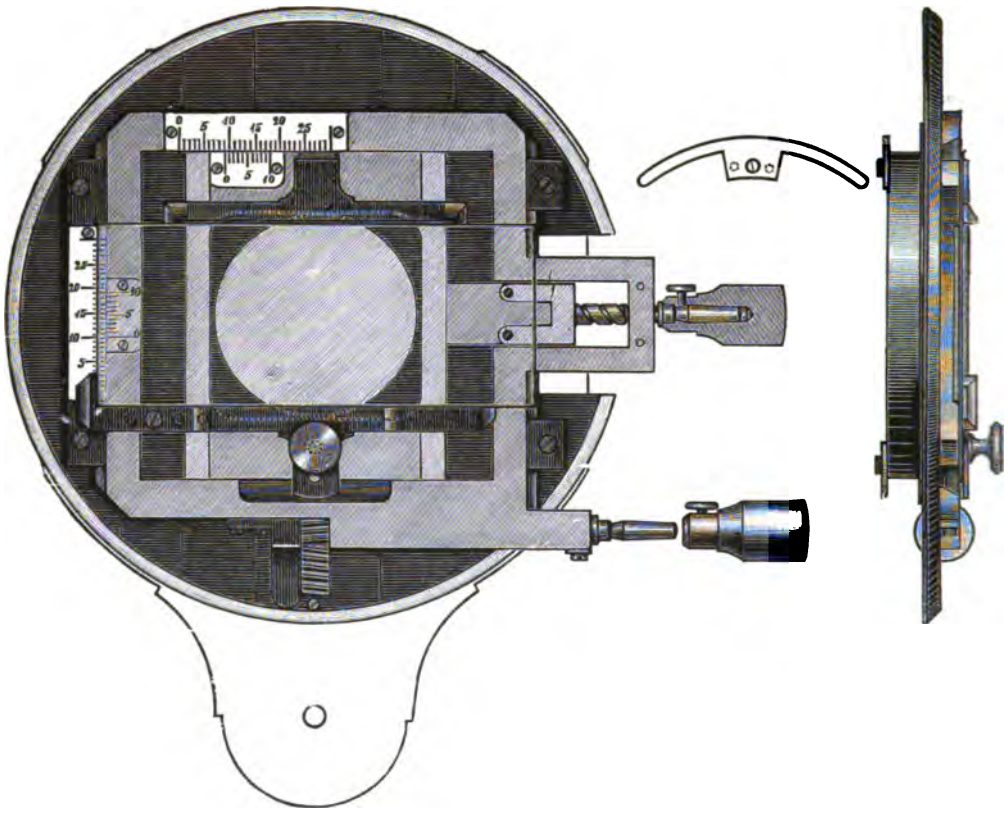
daß hier die constructiven Elemente zwar immer dieselben, die Einzelheiten aber, die mehr oder minder reiche Ausstattung des Ganzen mit allerlei Hilfsmitteln, welche theils zur Bequemlichkeit, theils zur exacteren Ausführung der Untersuchung dienen, von zum Theile sehr abweichendem Aussehen sind. Manche dieser Instrumente sehen mit ihren vielerlei Schrauben, Gelenken und Platten ungemein complicirt aus — und sind es auch. Für gewisse histologische, mehr noch aber für mikrologische Untersuchungen ist dieser Aufwand von mechanischen Arbeitsmitteln sehr nützlich, ja unentbehrlich. In allen anderen Fällen aber wird der Mikroskopiker — und zwar nicht allein der angehende — mit den einfacheren Instrumenten völlig sein Auslangen finden, was um so tröstlicher ist, als die complicirten Instrumente, wie nicht anders zu denken, sehr theuer sind.

Bei allen, noch so complicirt gebauten Mikroskopen tritt als wichtigstes Constructionsprincip die zweckmäßige Verbindung des Linsensystems, also des Tubus mit dem Stativ in den Vordergrund. An diesem unterscheiden wir der Hauptsache nach drei Theile: den Fuß, die Säule und den Objecttisch. Der Fuß, der unterste Theil des Stativs und des ganzen Instrumentes, muß diesem die nöthige Stabilität geben, also möglichst schwer und zugleich derart construirt sein, daß das Instrument einen sicheren Stand erhält, also nicht bei einer zufälligen oder absichtlichen Berührung sofort aus seiner Stellung rückt. Die Form des Fußes ist entweder rund oder viereckig, meist aber hufeisenförmig hergestellt.

Mit dem Fuße steht die Säule in Verbindung, der Träger des ganzen Instrumentes. Man unterscheidet zwei Theile: den unteren, an welchem der Objecttisch und — bei den complicirteren Mikroskopen — einige andere Hilfseinrichtungen angebracht sind, und den oberen Theil, an dessen Querarm die Hülse, mit der der Tubus in Verbindung gebracht wird. Der Objecttisch ist unbestritten einer der wichtigsten Bestandtheile eines guten Mikroskopes. In Bezug auf seine Dimensionirung und Ausstattung zeigt der Objecttisch alle Stadien von der einfachsten bis zur complicirtesten Form. Man denke an das einfache geschwärzte Blättchen der ganz kleinen Taschenmikroskope und vergleiche damit eine Einrichtung, wie sie in der Figur auf Seite 14 zur Anschauung gebracht ist. Im Allgemeinen, d. h. für gewöhnliche Zwecke, also ohne besondere Ansprüche an die mechanische Leistungsfähigkeit des Objecttisches, muß dieser etwa nachfolgenden Anforderungen gerecht werden: eine entsprechende Größe, um mit den Objecten und Präparaten bequem operiren zu können; eine Oberfläche, welche derart beschaffen ist, daß sie möglichst wenig Licht nach dem Auge hin reflectirt; eine genügend große Oeffnung zum Durchlassen des vom Spiegel herkommenden Lichtes. Zacharias empfiehlt als zweckmäßige Größe die Dimensionirung von 70 bis 100 Millimeter in Länge und Breite, wenn der Objecttisch viereckig ist, oder einen gleichgroßen Durchmesser bei runden Objecttischen. Die Oeffnung für die Beleuchtung beträgt in der Regel 12 bis 15 Millimeter, erreicht aber bei großen und ganz großen Instrumenten, bei denen außer dem Spiegel noch mancherlei Nebeneinrichtungen (Condensatoren, Beleuchtungs-

apparate, Blendungsvorrichtungen) hinzutreten, einen Durchmesser von 25 bis 30 Millimeter.

Die Objecttische sind entweder fest oder beweglich. Außerdem besitzen die Objecttische der ganz großen, für besonders schwierige histologische oder mykologische Untersuchungen bestimmten Instrumente mancherlei hierzu erforderliche Einrichtungen. Die untenstehende Abbildung zeigt eine derartige ziemlich complicirte Vorrichtung, welche zur mechanischen Bewegung des Objectes dient. Sie war bislang eine Eigen-



Großer beweglicher Objecttisch.

thümlichkeit der englischen Mikroskope und wurde von der großen Mehrzahl der continentalen Mikroskopiker als unpraktisch verworfen. Erst in neuerer Zeit haben dieselben auch auf dem Continent mehr Beachtung gefunden und sind in Folge dessen in den letzten Jahren Gegenstand vielfacher Versuche auch in den deutschen optischen Werkstätten geworden. Nach den im optischen Institute Karl Zeiß' festgehaltenen Principien ist eine Vorrichtung zur mechanischen Bewegung des Objectes in den folgenden Fällen von Vortheil: 1. Bei der Benützung starker Objective, wenn es sich darum handelt, einen am Rande des Sehfeldes befindlichen Punkt in

die Mitte desselben zu bringen. Diese Manipulation ist, wie jeder praktische Mikroskopiker aus Erfahrung weiß, wenn sie mit der Hand ausgeführt werden soll, meist eine harte Geduldsprobe. 2. Bei der systematischen Durchmusterung von Präparaten. 3. Beim Abzählen bestimmter, innerhalb einer gewissen Meßeinheit des Präparates vorkommenden Körper. 4. Für die Markirung gewisser Stellen im Präparat behufs ihrer Wiederauffindung (»Findertheilung«). 5. Bei der Projection objectiver Bilder.

Für die Fälle 2 bis 5 macht sich unter den praktischen Mikroskopikern mehr oder weniger das Bedürfniß nach einem beweglichen Objecttisch, gleich dem des Instrumentes, das in unserem Vollbilde — einem der herrlichsten Mikroskope, das aus dem Zeiß'schen Institute hervorgegangen ist — wiedergegeben ist. Die Vorrichtung ist derart construirt, daß ihre Anwesenheit am Mikroskop in keinem Falle, weder in noch außer Benützung, irgend einer sonst in Frage kommenden Manipulation hinderlich ist, daß sie also immer am Mikroskop verbleiben kann. Es ist dies eine wichtige Verbesserung der bisher üblichen Einrichtungen zur mechanischen Bewegung des Objectes, welche bei Vornahme gewisser Untersuchungen vom Mikroskop abgenommen werden mußten.

Die Wippe am Mikroskop.

Eine dieser Einrichtungen war der sogenannte Pendeltisch oder die Wippe. Die beigegebene Figur zeigt die Anordnung der von Benecke construirten stereoskopischen Wippe. Bei der Anwendung dieses Apparates hat man ganz besonders darauf zu achten, daß die Oberfläche des Objectes genau in die Ebene der Drehungsachse falle. Wäre dies nicht der Fall, so würde das Object bei der Drehung der Wippe B um die Achse seine Lage verändern und könnte bei Benützung starker Objective selbst ganz und gar aus dem Sehfelde verschwinden. Um diesem Uebelstande vorzubeugen, ist das an der Platte C befestigte Rohr in dem Rohre der Platte B mittelst eines Schraubengewindes beweglich, und man kann also je nach der Dicke des Objectträgers (der Glasplatte, auf welcher der Gegenstand liegt) die Platte C heben oder senken, so daß die Ebene des Objectes in jedem Falle genau mit der Drehungsachse zusammenfällt. Am besten nimmt man diese Correction an der Platte C bei horizontaler Stellung der Platte B vor. Das einfachste Mittel, um die Wippe unter verschiedenen Winkeln zu fixiren, besteht in der Anwendung eines keilförmigen Messingstückes, welches

unter den der Platte A aufliegenden Theil der Scheibe B untergeschoben wird und dessen weiteres Vorschieben zunächst eine Verminderung der Neigung, dann eine Horizontalstellung der Platte B und endlich eine Neigung nach der entgegengesetzten Seite hin bewirkt, indem die zwischen den Platten A und B auf der anderen Seite befindlichen Federn mehr und mehr zusammengedrückt werden.

Mit Ausnahme der ganz kleinen und der ganz großen Mikroskope, welch letztere besondere am Objecttische angebrachte Vorrichtungen besitzen, finden sich an den Objecttischen der übrigen Instrumente zwei leicht federnde Klammern vor, welche dazu dienen, die Objectträger festzuhalten. Geübte Mikroskopiker werden ihrer entrathen können, da sie sich durch Uebung eine größere Ruhe und Vorsicht bei ihrer Manipulation angeeignet haben, so daß störende Verschiebungen der Objectträger selten vorkommen. Ganz unentbehrlich sind die Klammern bei Stativen, welche sich in Charnieren umlegen lassen, da in diesem Falle der Objectträger herabrutschen würde, wenn der obere Theil des Fußes mit dem Tubus von der Verticalen abgedreht wird. Bei den großen Instrumenten ist auch die Einrichtung getroffen, daß der Objecttisch mit dem ganzen Oberkörper um die optische Achse drehbar ist. Oder es besitzt der Objecttisch eine drehbare Hartgummischeibe, die durch den beweglichen Objecttisch ersetzt werden kann.

Ein derartiger beweglicher Objecttisch, den wir auf Seite 14 vorgeführt haben, zeichnet sich in seiner jetzigen, neuesten Gestalt durch mancherlei Vortheile aus. Diese bestehen zunächst in der Verwendbarkeit von Objectträgern jeder Größe. Platten mit sogenannten Reinculturen von Mikroorganismen können auf den Tisch aufgelegt werden, wenn die Objectklammern, sowie die Handhaben für die Kreuzbewegungen abgenommen werden, was sehr leicht auszuführen ist. Der Tisch besitzt eine doppelte Findertheilung mit Nonius, der den zehnten Theil eines Millimeters angiebt. Zur Benützung der Findertheilung ist das Präparat stets bis an den rechtwinkeligen Anschlag des hinteren Objecthalters heranzuschieben, wodurch es stets in derselben Stellung zum Bewegungsschlitten des Tisches fixirt wird. Selbstverständlich kann die Theilung auch zu Messungen verwendet werden, wenn die Genauigkeit derselben nicht größer als $^1/_{10}$ Millimeter zu sein braucht. Dieser Tisch läßt sich außerdem bei allen Beleuchtungsmethoden verwenden.

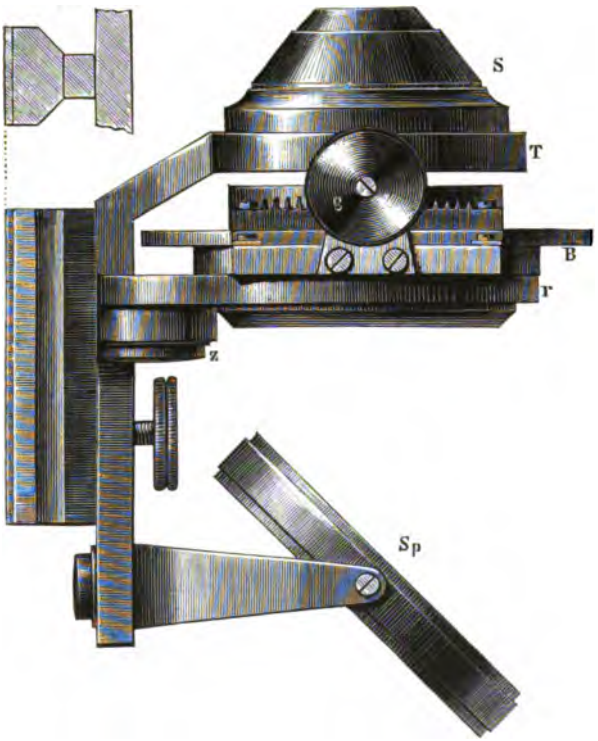
Zur einfachen Beleuchtung des Objectes dient, wie bereits mehrfach erwähnt wurde, ein unter dem Objecttische sowohl um die Vertical-, als die Horizontalachse drehbarer Spiegel, der entweder ein Plan- oder ein Hohlspiegel ist. Sehr zweckmäßig ist es, beide zu combiniren, indem beide Spiegelarten mit den Rückseiten zusammengelegt und in einen Metallring gefaßt werden. Die Anordnung dieser Spiegel in ihrer Verbindung mit dem Fuß, beziehungsweise mit der Säule des Stativs ist eine verschiedene. Das maßgebende Princip ist aber immer dasselbe und dieses besteht darin, vermittelst des Spiegels den auf dem Objecttische, beziehungsweise auf dem Objectträger — rechteckigen Glasplatten von verschiedener Dimensionirung — befindlichen Gegenstand der Untersuchung von unten her

dem jeweiligen Erforderniß entsprechend zu beleuchten. Da die Mitte der Durchlochung im Objecttische und der Mittelpunkt des Spiegels genau in der optischen Achse liegen, muß natürlich auch das Object möglichst »centrisch« eingestellt werden, was bei einfacheren Instrumenten ohne weiteres durch Handgriffe geschehen kann.

Die Voraussetzung im Gebrauche der Spiegel ist, daß die zu untersuchenden Gegenstände durchsichtig oder doch durchscheinend sind. In diesem Falle wird das durchfallende Licht genügen. Sollen aber undurchsichtige Objecte untersucht werden, so muß eine andere Art der Beleuchtung Platz greifen. In diesem Falle würde es nichts nützen, sich des unter dem Tische angebrachten Spiegels zu bedienen, weil der Gegenstand für diese Lichtquelle undurchdringlich ist. Der Gegenstand wird sogar dunkler erscheinen, als er ist, und zwar in Folge des blendenden Lichtes, welches sich über das ganze vom Objecte freigelassene Sehfeld ausbreitet. Um also opake (undurchsichtige) Gegenstände betrachten zu können, muß die Lichtquelle von oben her einfallen. Man spricht alsdann von einer Untersuchung »bei auffallendem oder zurückgeworfenem Lichte«. Eine dritte Beleuchtungsart ist die, daß die Lichtquelle den zu beobachtenden Gegenstand seitlich trifft. Auch diesfalls ist die Voraussetzung die, daß der Gegenstand durchsichtig oder durchscheinend ist. Der Vortheil dieser Beleuchtungsart beruht darin, daß die eine Seite des Objectes sich im hellsten durchfallenden Lichte zeigt, während die entgegengesetzte im Schatten verbleibt. Die Nothwendigkeit einer solchen einseitigen Beleuchtung ergiebt sich häufig genug, weil bei der Beobachtung bei gerade durchfallendem Lichte die an den Rändern des Objectes gelegenen Theile nicht deutlich genug wahrgenommen werden. Ob im letzteren Falle der Planspiegel oder der Hohlspiegel angewendet werden soll, richtet sich nach der Stärke der Vergrößerung und nach der Intensität der Lichtquelle, welche beide Factoren im gegensätzlichen Verhältnisse stehen. Man wird also bei schwachen Vergrößerungen des Planspiegels, bei starken Vergrößerungen des Hohlspiegels sich bedienen — wenn die Lichtquelle schwach ist; dagegen fallweise auch bei starken Vergrößerungen die Lichtreflexion mittelst des Planspiegels bewirken, wenn die Lichtquelle intensiv ist. Im Uebrigen muß es ganz dem subjectiven Sehvermögen und dem Grade der Accommodation an die Lichteinwirkung überlassen bleiben, wie in bestimmten Fällen gearbeitet werden soll.

Die Beleuchtung des Objectes spielt in der Mikroskopie eine große Rolle. Deshalb ist man insbesondere in neuester Zeit, in der die mikroskopische Technik so ungeahnte Fortschritte zu verzeichnen hat, stets darauf bedacht, zweckmäßige Beleuchtungsvorrichtungen zu construiren, mit welchen zur Zeit alle besseren Mikroskope ausgerüstet sind. Zu diesen Vorrichtungen zählt zunächst der Condensor, der als Lichtverstärkungsmittel bei schwacher Lichtquelle zu dienen hat. Der Condensor besteht im Wesentlichen aus einer convexen Glaslinse, welche die Lichtstrahlen convergent macht. Die Linse wird in einer entsprechenden Fassung in die Oeffnung des Objecttisches von der Unterseite her eingeschoben. Die Vorrichtung ist derart angeordnet, daß sich die Linse je nach Bedürfniß höher oder tiefer stellen läßt.

Die gewöhnliche mikroskopische Beobachtung erfordert ausschließlich Beleuchtung mit weißem (Tages- oder Lampen-) Lichte, ohne bestimmte Umgrenzung des beleuchteten Objectfeldes, aber mit möglichst weitgehender Abstufung des einfallenden Strahlenkegels sowohl hinsichtlich seiner Winkelöffnung (weiter, enger Beleuchtungskegel) als hinsichtlich seiner Einfallsrichtung (centrales, schiefes Licht). In der Lösung dieser Aufgabe sind in erster Linie die epochemachenden Arbeiten des Professors Abbé in Jena zu verzeichnen. Der von Zeiß nach Abbé's Princip dargestellte Beleuchtungsapparat, bestehend aus einem Immersionscondensor*) mit Diaphragma-Apparat und Doppelspiegel, welcher Apparat nach Entfernung des gewöhnlichen Beleuchtungsspiegels in eine Coulisse unterhalb des Objecttisches eingeschoben werden kann, hat sich das Bürgerrecht bei allen Mikroskopikern erobert.



Beleuchtungsapparat von Abbé-Zeiß.

Der Apparat, in der Abbildung nebenstehend in der äußeren Ansicht dargestellt, gestattet alle Modificationen der geraden und schiefen Beleuchtung mit durchfallendem Lichte durch bloßes Wechseln und Bewegen von Diaphragmen. Gleichzeitig ermöglicht der Apparat bei geeigneten Objecten die Beobachtung im dunklen Felde bis zu 600facher Vergrößerung und erlaubt auch die bequeme Verwendung des polarisirten Lichtes. Zu gewöhnlichem Gebrauche dient die Linsencombination S; dieselbe besteht aus zwei unachromatischen Linsen, einer oberen, über Halbkugelgröße umfassenden planconvexen Vorder- und einer unteren, mit verschieden gekrümmten Flächen versehenen biconvexen Hinterlinse. Außerdem ist an dem Apparate ein besonderes Blendungssystem angebracht. Die Blenden bestehen aus

*) Unter Immersionen versteht man solche Objective, bei denen die Luftschicht zwischen der untersten Linse und dem Deckelgläschen durch einen Tropfen Wasser (oder Oel) ersetzt wird. Sie dienen nur zu den allerstärksten Vergrößerungen und finden beim gewöhnlichen Mikroskopiren keine Anwendung.

einer Anzahl mit concentriſchen Oeffnungen verſehener Scheiben, welche auf dem über r erſichtlichen Blendungsträger aufgelegt werden. Letzterer dreht ſich in dem Zapfen z. Hierdurch iſt es ermöglicht, in bequemer Weiſe je nach Bedarf die Blendung zu wechſeln. Die mit Stange und Trieb verſehene Achſe der Schraube q dient zum Vor- und Zurückbewegen des Blendungsträgers, um ſowohl centriſche als excentriſche Beleuchtung mit demſelben zu erlangen. Sp iſt der gewöhnliche Beleuchtungsſpiegel, der bei Verwendung von direct hinter dem Condenſor anzubringenden künſtlichem Lichte abgeſchraubt wird.

Die volle Oeffnung des Beleuchtungskegels iſt nur für die Beobachtung feinkörniger, ſtark tingirter Objecte (Bakterien) mit Objectiven von großer Apertur zu verwenden, während für alle übrigen Beobachtungen der Beleuchtungskegel entſprechend reducirt werden muß, was durch Anwendung von Blendungen geſchieht. In neueſter Zeit bedient man ſich hierzu einer beſonderen Vorrichtung, der ſogenannten Irisblendung. Sie erſetzt ſehr vortheilhaft die gewöhnlichen auswechſelbaren Blendungen, indem ſie die Möglichkeit einer Verengerung oder Erweiterung der Oeffnung in ganz allmählicher Abſtufung bietet. Man erreicht hierbei eine kleinſte Oeffnung von circa $^1/_2$ Millimeter, und eine größte, die nahezu dem Durchmeſſer des Condenſorſyſtems gleichkommt. Dadurch kann die Irisblendung auch bei Anwendung der Dunkelblendung oder des Polariſators an ihrem Platze verbleiben. Die Irisblendung kann an Stelle der auf dem Blendungskörper des Abbé'ſchen Beleuchtungsapparates befindlichen abnehmbaren Kappe angebracht werden. (Bild Seite 20.)

Großes Mikroſkop von C. Zeiß in Jena.

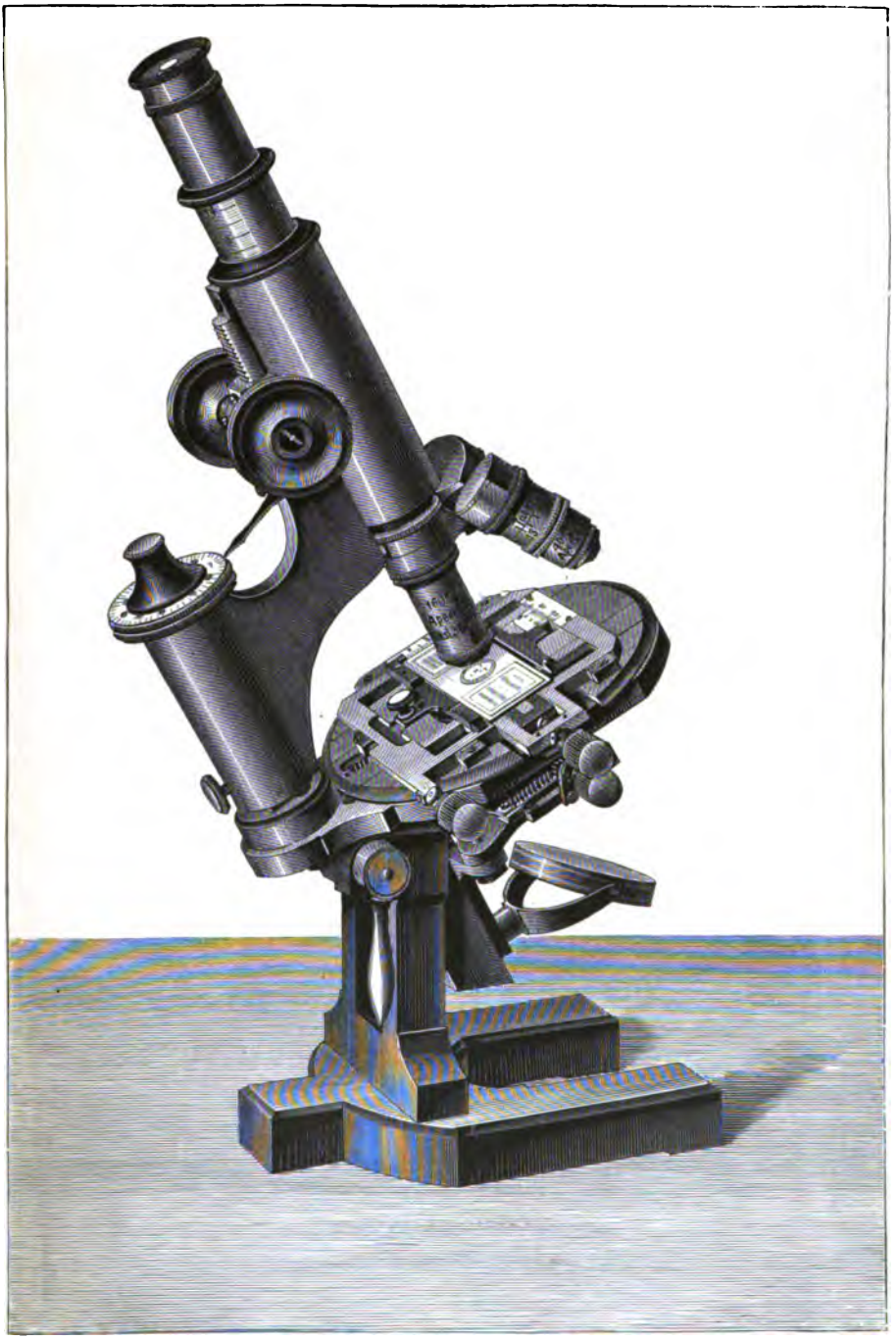
Zum Schluſſe haben wir noch der Vorrichtungen zu gedenken, welche die Manipulationen mit dem Tubus vermitteln. Bei der Beobachtung eines Gegenſtandes im Mikroſkop handelt es ſich, was ja ſelbſtverſtändlich iſt, vor allen

anderen Arbeiten um die Gewinnung eines deutlichen optischen Bildes von dem zu untersuchenden Gegenstande. Dies geschieht dadurch, daß man den Abstand zwischen diesem und dem Objective so lange regelt, bis der beabsichtigte Zweck erreicht ist. Dieser Abstand wird unter normalen Verhältnissen bei Instrumenten mit starker und stärkster Vergrößerung so klein, daß das Objectiv an den Gegenstand, beziehungsweise den Objectträger, fast dicht herantritt. Bei schwächeren Vergrößerungen ist der Abstand etwas größer. Derselbe wird sich auch, unter sonst gleichen Umständen, bei Personen von verschiedenem Sehvermögen theils vergrößern, theils verkleinern. Immer aber wird es sich darum handeln, durch Regulirung des Abstandes ein deutliches Bild von dem der Beobachtung unterzogenen Objecte zu gewinnen. Man nennt diese Operation das Einstellen des Bildes.

Man unterscheidet eine grobe und eine feine Einstellung. Die erstere wird einfach dadurch bewirkt, daß der Tubus so lange auf- oder niedergeschoben wird, bis das Bild in erwünschter Klarheit hervortritt. Die kleinen und kleinsten Instrumente erfordern keine andere Einstellung als die durch Tubusschiebung. Bei den mittelgroßen und großen Mikroskopen wird die grobe Einstellung zwar gleichfalls durch Verschiebung des Tubus bewirkt, jedoch nicht mit freier Hand, sondern mittelst einer Vorrichtung, welche aus einer Zahnstange und einer Triebschraube besteht. Die feine Einstellung endlich erfolgt mittelst einer Mikrometerschraube. Um über das Maß der Bewegungen sowohl bei der Einstellung mit Zahn und Trieb, als bei jener mit der Mikrometerschraube eine Controle zu gewinnen, ist der Tubusauszug mit einer Millimetertheilung versehen und der Kopf der Mikrometerschraube graduirt. Eine entsprechende Zeigervorrichtung ermöglicht bei letzterer die Ablesung. Alle diese Vorrichtungen sind aus dem großen Zeiß'schen Mikroskope (Vollbild) zu entnehmen.

Irisblendung.

Aus dem bisher Mitgetheilten ist zu ersehen, von welch tiefeingreifender Bedeutung der mechanische Theil eines Mikroskopes ist. Die mikroskopische Technik hat in dieser Beziehung gerade in allerletzter Zeit eine Vollkommenheit erreicht, die zu überbieten kaum mehr möglich erscheint. Der angehende Mikroskopiker, sowie Diejenigen, die sich zur Belehrung oder Unterhaltung mit der Mikroskopie befassen, mögen sich aber dadurch nicht beirren lassen. Wir haben schon einmal erwähnt, daß die Ausrüstung eines Mikroskopes mit außergewöhnlichen mechanischen und optischen Hilfsmitteln durchaus nicht die conditio sine qua non mikroskopischer Untersuchungen ist. Sowie gewisse strengwissenschaftliche Fächer dem gebildeten Laien sich schwer oder gar nicht erschließen lassen, während er vermöge eines



Großes Mikroskop mit beweglichem Objecttisch
von C. Zeiß in Jena (1/5 der natürlichen Größe).

gewissen Maßes von Kenntnissen recht wohl eine allgemeine Orientirung in eben diesen Fächern gewinnen wird: ganz in derselben Weise wird sich ganz von selbst die Scheidewand bezüglich des Gebrauches mikroskopischer Instrumente ergeben. Die exacte Wissenschaft ist und bleibt also eine Domäne der Fachgelehrten und für sie sind die complicirten und in Folge dessen sehr theueren Mikroskope bestimmt. Der kenntnißreiche, studirende und beobachtende Laie dagegen wird sein Auslangen mit einfacheren und dementsprechend weit billigeren Instrumenten finden, die übrigens vielfach auch für rein wissenschaftliche Untersuchungen ausreichen. Dabei soll aber davor gewarnt werden, mit den Ansprüchen, die man selber an ein Instrument stellt, zu tief herabzugehen. Denn ein Mikroskop von ungenügender oder mangelhafter Ausstattung wird bei dessen Besitzer gar bald das Verlangen nach einem besseren Instrumente wachrufen, wodurch sich die Anschaffungskosten vergrößern, beziehungsweise auf mehrere Mikroskope zersplittern. Daß also unter Umständen ein größerer Betrag für ein Instrument besser angebracht ist, als ein Fortschreiten von schlechteren zu besseren Instrumenten, liegt auf der Hand.

In Bezug auf die Anschaffung eines Mikroskopes ist es von Wichtigkeit, die Bezugsquelle zu kennen. Daß fast jeder größere Optiker derlei Instrumente erzeugt, ist Jedem bekannt, da hierzu ein Blick in die Schaufenster der betreffenden Institute genügt. Es wird sich aber aus verschiedenen Gründen empfehlen, derlei Anschaffungen bei hervorragenden Firmen zu machen, deren es gerade in Deutschland eine Anzahl giebt, welche Weltruf genießen und deren Fabrikate meist Güte mit Billigkeit verbinden. Einer unserer hervorragendsten Mikroskopiker meint freilich, daß manche Firmen ihren Weltruf sich bezahlen lassen, und er wird damit das Richtige getroffen haben.

Das optische Institut von Karl Zeiß in Jena, von dem im Vorstehenden bereits mehrfach die Rede war und von dessen Instrumenten wir in den vorangegangenen Abbildungen Proben gegeben haben, nimmt nun schon seit drei Lustren die erste Stelle unter den leistungsfähigen Instituten ein. Der Begründer war Karl Friedrich Zeiß (1816 bis 1888), der sich aus kleinen Anfängen und Verhältnissen emporgearbeitet hatte. Die ersten bahnbrechenden Leistungen des Institutes fallen in die Mitte der Vierziger-Jahre, also in die Epoche der gleichzeitigen wissenschaftlichen Entdeckungen eines Schleiden und Schwann, von welchen bereits die Rede war. Zeiß beschränkte in der damaligen Zeit seine Kunst auf die Herstellung guter Loupen und ging erst zehn Jahre später daran, zusammengesetzte Mikroskope zu construiren. »Im Fortgang seiner technischen Arbeiten,« erzählt Dr. Otto Zacharias,*) »kam nun Zeiß auf den genialen Gedanken, daß es mit Hilfe theoretischer Berechnungen möglich sein müsse, die bestmögliche Constructionsweise für das zusammengesetzte Mikroskop ausfindig zu machen, und er setzte sich — behufs Ausführung dieses Gedankens — gegen Ende der Sechziger-Jahre mit

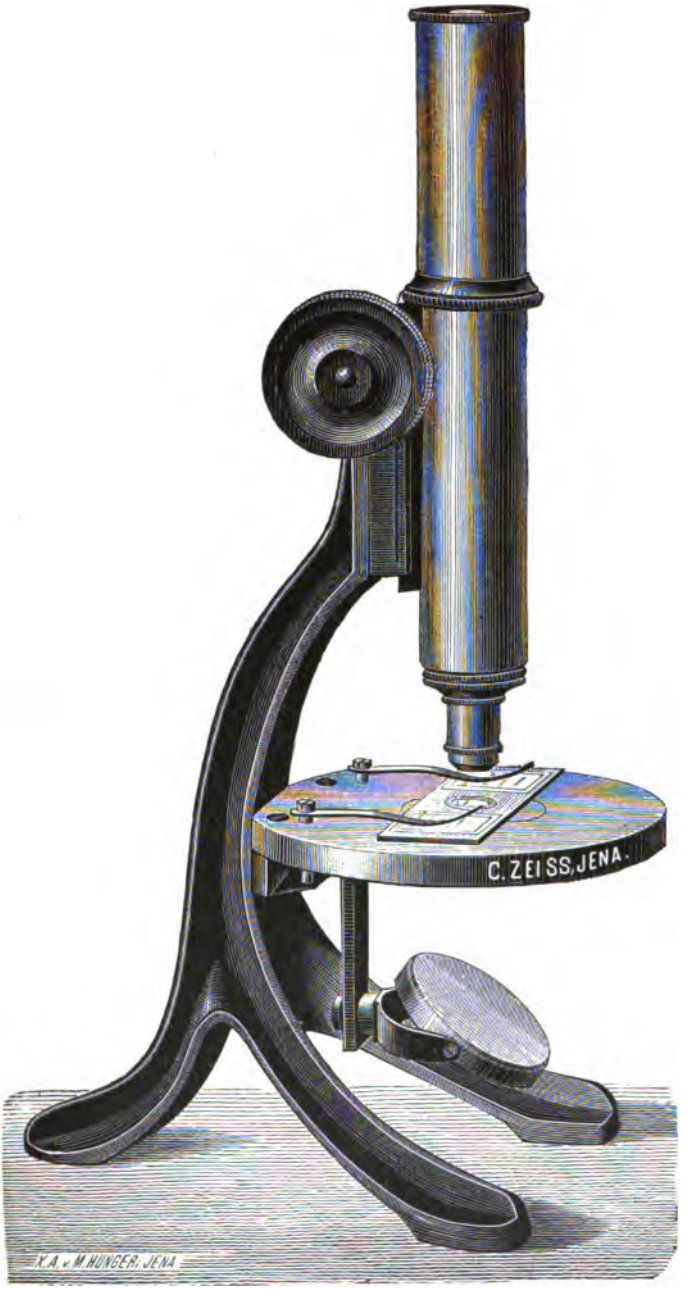
*) »Bilder und Skizzen aus dem Naturleben«, S. 222 u. ff.

dem damaligen Docenten der Mathematik und Physik, Dr. Abbé in Jena, in Verbindung. Diese Association erwies sich für die Folge als eine äußerst glückliche und in ihren Consequenzen wichtige.... Dr. Abbé übernahm mit großer Bereitwilligkeit die Ausarbeitung einer Theorie des Mikroskopes und stellte zahlreiche Versuche an, um die praktische Stichhältigkeit der rechnungsmäßig erhaltenen Resultate zu prüfen. Es dauerte jedoch lange Zeit, ehe der sichere Boden gewonnen wurde, auf welchem sich gegenwärtig die Construction der Mikroskope in der Zeiß'schen Werkstätte bewegt. Die Herstellung vorzüglicher Instrumente ist nun durch diese neue Art des Betriebes von der Fähigkeit und Geschicklichkeit einzelner Personen unabhängig geworden, und dies ist ein Gewinn, im Vergleich zu welchem die langen und kostspieligen Vorarbeiten nicht in Betracht kommen. Die Anforderungen, welche die principiell veränderte Productionsweise an die Sorgfalt des einzelnen Arbeiters stellt, sind indessen keineswegs geringer als früher, denn nunmehr wird auch die kleinste Arbeit nach einem vorbedachten Plane ausgeführt, und es ist eine fortwährende Selbstcontrole des Arbeiters erforderlich, um die Arbeitstheilung in dieser subtilen Branche zu ermöglichen.«

Demonstrations-Mikroskop.

Mit Zeiß theilte eine Anzahl anderer Firmen den großen Ruf, den sich die deutsche Leistungsfähigkeit in der Herstellung der Mikroskope in der ganzen Welt errungen hat: E. Hartnack in Potsdam, J. Klönne und G. Müller in Berlin, E. Leitz und Seibert & Krafft in Wetzlar, R. Winkel in Göttingen, F. W. Schieck in Berlin, S. Merz in München, R. Hegelmann in Erfurt, Wagner (früher Plößl) in Wien. Die Instrumente von Hartnack gelten mit Recht in mechanischer und optischer Beziehung für classische Leistungen und sind für viele andere deutsche Mikroskopenfertiger die Vorbilder für deren individuelle Productionen gewesen.

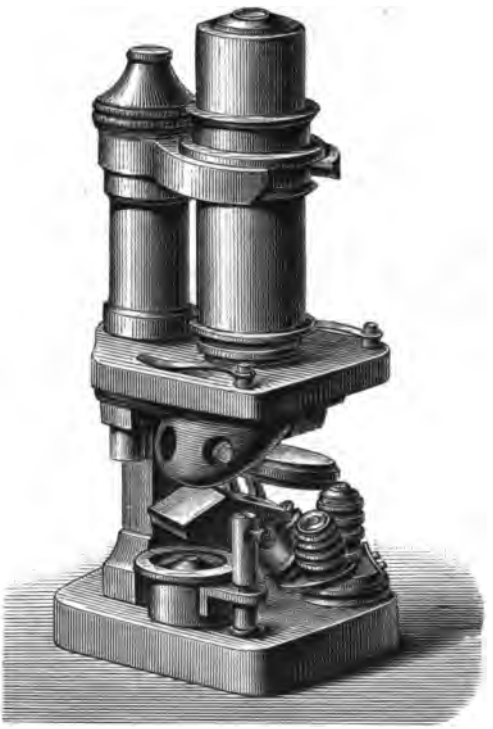
Da die Instrumente dieser Firmen, sofern sie den gleichen Zwecken dienen, äußerlich nur wenig oder gar nicht von einander sich unterscheiden, kann von deren Vorführung in Abbildungen abgesehen werden. Von einigen abweichenden Typen folgen hier einige bildliche Darstellungen. Zunächst das Demonstrations-Mikroskop von Klönne und Müller in Berlin. Dasselbe ist durch seinen großen beweg-



Hilfsmikroſkop für das Laboratorium, ſowie für techniſche Zwecke.

lichen Objecttisch gekennzeichnet, auf welchem man eine größere Zahl von Präparaten, sei es zu Demonstrationszwecken, sei es zum Behufe rasch aufeinander folgender photographischer Aufnahmen, anbringen kann. Der Objecttisch ist um die Stativsäule drehbar und wird der Tubus sowohl durch Verschieben als durch Benützung der an der Stativsäule sichtbaren Mikrometerschraube bewegt. Außerdem besitzt dieser Apparat noch die eigenartige Einrichtung, daß sich unter jedem Präparate eine den drehbaren Objecttisch durchsetzende feine Mikrometerschraube befindet, mittelst deren man die Präparate um ein Minimum zu feinster Einstellung heben oder senken kann.

Ein eigenartiges Instrument ist ferner Zeiß' Reisemikroskop, das von Fachleuten vielfach empfohlen wird. Die beigegebene Abbildung zeigt die äußere Anordnung der einzelnen Theile. Als besonders bemerkenswerth ist die geringe Höhe dieses Instrumentes, wodurch es eben jene compendiöse Gestalt erhält, welche dem angestrebten Zwecke entspricht. Das Stativ ist mit einem schweren Fuß in Form einer dicken, viereckigen Platte versehen. An der den Tubus tragenden Säule ist eine sehr exact gearbeitete Mikrometerschraube angebracht. Der Objecttisch hat eine mattgeschliffene Oberfläche und ist an seiner unteren Seite ausgekugelt. In dieser Höhlung ist die Blendung in Form eines Kugelflächensegments in geeigneter Weise verschiebbar. Die Objectivsysteme sind mit Revolverfassung versehen und werden zum Zwecke der Aufbewahrung auf den Fuß des Stativs aufgeschraubt.

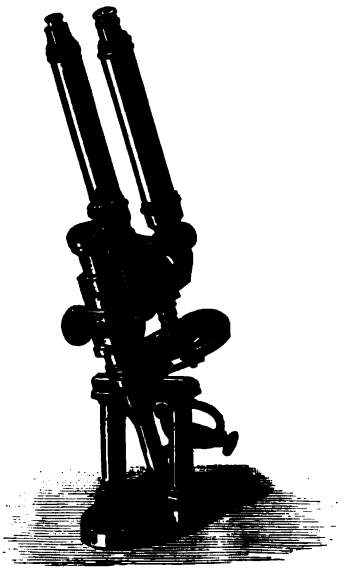


Reisemikroskop von Zeiß.

Das Seite 28 abgebildete Handmikroskop wird gleichfalls im Zeiß'schen Atelier hergestellt. Es eignet sich ganz trefflich zu Demonstrationen im Auditorium. Eine mit Federklammern zum Befestigen der Präparate versehene Tischplatte trägt eine Hülse mit Mikroskop-Tubus, welcher sich durch Verschieben in dieser Hülse auf das Object einstellen und nachher durch Anziehen eines Klemmringes sicher fixiren läßt. Die feine Einstellung kann nöthigenfalls durch Aus- und Einschieben des federnd im Tubus sitzenden Oculars bewirkt werden. Man beobachtet, indem man den Tubus aus freier Hand gegen ein Fenster oder eine Lampe richtet.

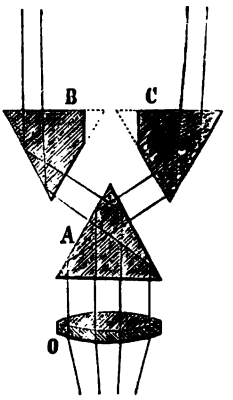
Endlich ist ein sogenanntes stereoskopisches Mikroskop abgebildet. Wie bekannt, erblickt man durch ein gewöhnliches Mikroskop nur Flächenbilder. Um die Plastik eines Gegenstandes beobachten zu können, muß der Tubus abwechselnd auf- und niedergeschoben werden, indem dadurch die einzelnen Theile des Objectes sozusagen schichtenweise eingestellt werden. Um nun die beobachteten Bilder in ihrer natürlichen Plastik beobachten zu können, hatte Riedel ein bioculares Mikroskop construirt, das in neuerer Zeit besonders durch Roß in England und durch Machet in Frankreich verbessert worden ist. In England sind derartige Doppelmikroskope ziemlich verbreitet, während sie in Deutschland nur wenig Eingang gefunden haben.

Handmikroskop von C. Zeiß.



Bioculares Mikroskop.

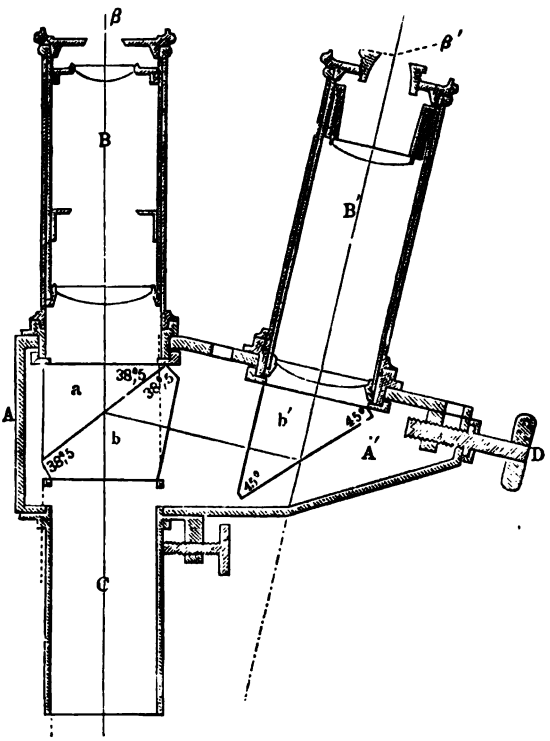
Ueber das Constructionsprincip der biocularen oder stereoskopischen Mikroskope ist Folgendes zu sagen. Zwischen den beiden Tuben und dem Objectiv befinden sich in einem Messingkästchen drei Prismen, welche derart angeordnet sind, daß die durch das Objectiv gebrochenen Lichtstrahlen die Unterfläche des Prisma A treffen, hier in zwei Bündel zerlegt und auf die beiden Prismen B und C geworfen werden. Nachdem die Lichtstrahlen eine zweite Brechung erlitten haben, gelangen sie in die beiden parallel gestellten Tuben und es erhält auf diese Weise jedes Auge ein gleichsam von verschiedener Richtung aus gesehenes Bild mit stereoskopischem Effect.



Schema zu vorstehendem Mikroskop.

Eine abweichende Einrichtung besitzt das »stereoskopische Ocular« von Zeiß-Abbé. Die Theilung der vom Object kommenden Strahlenbüschel zum Zwecke der Erzeugung zweier getrennter Bilder erfolgt am oberen Ende des Tubus durch partielle Reflexion an einer dünnen Luftschicht zwischen zwei aneinander liegenden Glasprismen a b. Die geradlinig hindurchstreichenden Strahlen gelangen in ein in der Achse des Tubus stehendes Ocular B, die reflectirten vermöge einer nochmaligen Reflexion durch ein Prisma b' in ein zweites excentrisch stehendes Ocular B', dessen Achse

unter 14° gegen die Tubusachse geneigt steht. Beide Oculare liefern Bilder von gleicher Vergrößerung. Durch eine Schraube D zur Verschiebung des excentrischen Oculars läßt sich der Abstand der beiden Augenpunkte der Pupillendistanz des Beobachters anpassen. Die Halbirung der Strahlenbüschel zur Erzielung stereoskopischer Effecte erfolgt durch regulirbare Halbdiaphragmen über den Okularen; ohne diese, mit offenen Oculardeckeln benützt, gewährt der Apparat bioculares Sehen ohne specifisch stereoskopische Wirkung. Der Apparat ist mit schwachen und starken Objectiven an jedem größeren Stativ zu gebrauchen, welches mit Zahn und Trieb zur groben Einstellung versehen ist und Verkürzung des Tubus mindestens bis 140 Millimeter gestattet.

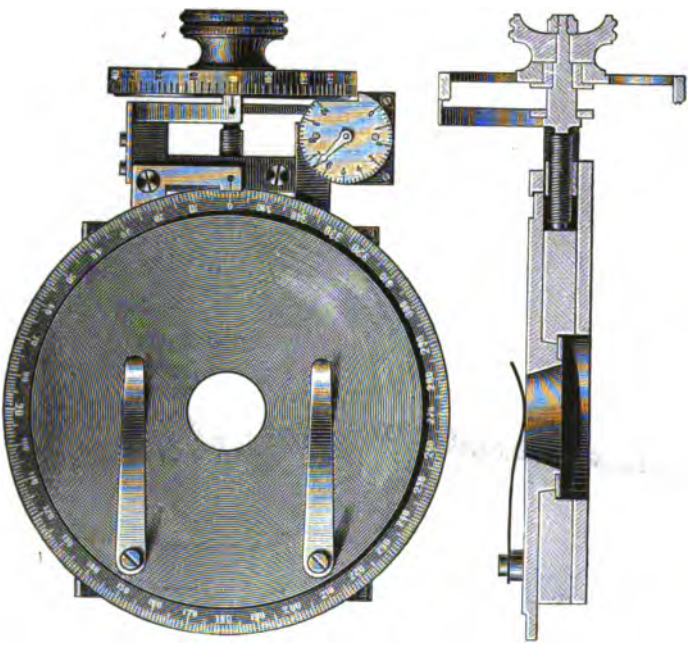


Stereoskopisches Ocular von C. Zeiß.

Wir kommen nun auf eine Reihe von **Hilfsapparaten** zu sprechen, bemerken jedoch, daß mehrere derselben, insbesondere solche, welche nicht in Verbindung mit dem Mikroskope gehandhabt werden, dem nächsten Abschnitte, der von der Prüfung und dem Gebrauche des Mikroskopes handelt, vorbehalten sind. Die nachstehend gemachten Mittheilungen betreffen also nur die in Verbindung mit dem Mikroskope zu gebrauchenden Hilfseinrichtungen, und zwar die **Meß-** und **Zählapparate**, die **Polarisations-Einrichtungen**, die **Spectral-Apparate** und die **Vorrichtungen zum Wechseln der Objective am Stativ**.

Die Meßapparate haben, wie schon ihr Name andeutet, den Zweck, an den im Sehfelde des Mikroskopes erscheinenden Gegenständen und ihren einzelnen Theilen Messungen vorzunehmen. So primitiv die ersten Hilfsmittel dieser Art waren, so complicirt und sinnreich sind die jetzigen. Hierbei kommen vornehmlich die **Schraubenmikrometer**, in zweiter Linie die **Glasmikrometer** in Betracht. Die ersteren, welche in Object- und in Ocular-Schraubenmikrometer unterschieden werden, dienen zu den allerfeinsten Größenbestimmungen, also zu Manipulationen, welche kein Erforderniß beim gewöhnlichen Mikroskopiren sind. Ja, selbst Fachmänner bezeichnen diese Einrichtung als »eine Sache des Luxus«. Immerhin möchte es von Vortheil

sein, wenn der Laie auch hierüber Belehrung erhält. Es giebt übrigens verschiedene derlei Einrichtungen. Da wir indeß aus naheliegenden Gründen dieselben nicht der Reihe nach in bildlichen Darstellungen vorführen können, begnügen wir uns damit, eine besonders gelungene Einrichtung — den Object-Schraubenmikrometer von Zeiß in untenstehender Figur zur Anschauung zu bringen. Die Darstellung ist so klar, daß zu ihrer Erläuterung nur einige Worte genügen werden. Ein von der Mikrometerschraube fortgeführter Schlitten trägt eine drehbare Scheibe mit Kreistheilung zur Orientirung des Objectes. Die Theilung der Schraubentrommel giebt direct $^2/_{1000}$ Millimeter an. Die ganzen Umdrehungen der Schraube werden mittelst eines Zeigers gezählt. Die Schraube mißt bis zu 10 Millimeter. Die Vorrichtung läßt sich ohne weiteres auf dem Objecttisch der größeren Mikroskope anbringen.

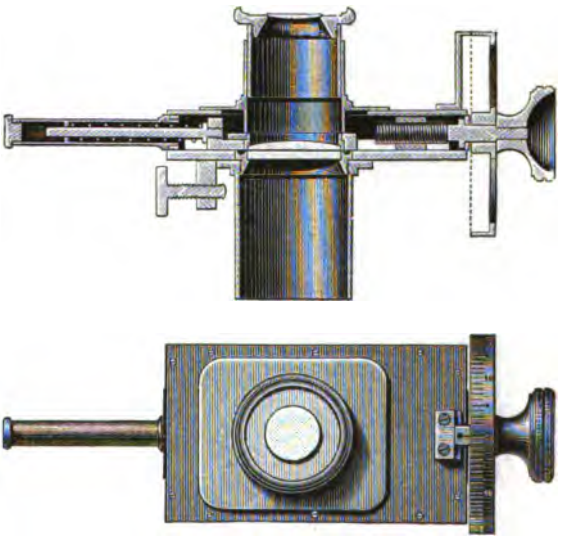


Object-Schraubenmikrometer von C. Zeiß.

Während der Object-Schraubenmikrometer dazu dient, größere Objecte, welche in dem Sehfelde eines Mikroskopes nicht zu übersehen sind, zu messen, fällt dem Ocular-Schraubenmikrometer die Aufgabe zu, die Meßoperation an solchen Objecten zu vermitteln, die einen größeren Theil des Sehfeldes ausfüllen. Die Einrichtung ist in Kürze die folgende: Eine Glasplatte mit einem Strichkreuz wird sammt dem Ocular durch die Mikrometerschraube über das Objectivbild fortgeführt, so daß die Einstellung stets in der Mitte des Ocularfeldes erfolgt. Jedes Intervall der Trommeltheilung entspricht $^2/_{1000}$ Millimeter. Die ganzen Umdrehungen werden an einer im Sehfelde sichtbaren bezifferten Scala gezählt. Es können bis zu 8 Millimeter in dem vom Objectiv entworfenen Bilde gemessen werden.

Einfachere Vorrichtungen sind die Glasmikrometer, welche gleichfalls für Objective und Oculare hergestellt werden. Die ersteren, lediglich aus einem Objectträger mit einer eingeritzten Theilung (1 Millimeter in 100 Theile) bestehend,

werden mehr und mehr durch die Ocular-Mikrometer verdrängt. Dieselben sind kreisförmige Glasplatten, welche auf das Diaphragma im Ocularrohr gelegt, d. h. zwischen Ocularlinse und Objectivglas angebracht werden. Beim Gebrauche der Ocular-Mikrometer darf nicht übersehen werden, daß die Giltigkeit derselben eine relative und von der Stärke des benützten Objectivsystems abhängig ist. Um also die absolut vergrößernde Kraft eines Mikroskopes bestimmen zu können, hat man eine mittlere Sehweite angenommen und auf diese Grundlage das Maß des Eindruckes zurückgeführt, welchen die Vergrößerung auf der Netzhaut des Auges hervorbringt. Daß bei dieser Methode von absoluten Werthen für ein Mikroskop nicht die Rede sein kann, leuchtet ohne weiteres ein, da eine Gleichheit in der Größe der Netzhautbildchen nicht besteht, demnach die Vergrößerungsziffern nur für das Auge Desjenigen, der die Bestimmung ausführte, richtig sein können.

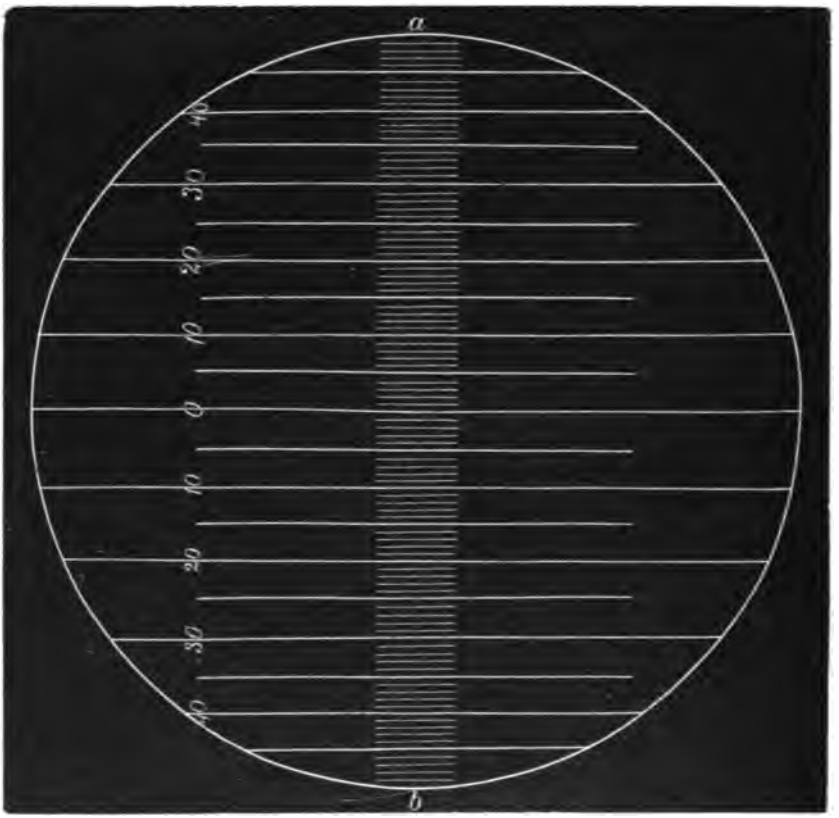


Ocularmikrometer.

Diesem Uebelstande wurde durch das Hilfsmittel der Mikrophotographie gesteuert. Das Princip der Mikrophotographie beruht bekanntlich darauf, daß durch Vermittelung von Vergrößerungsinstrumenten die kleinsten Formenbestandtheile photographisch dargestellt werden. Für den speciellen Zweck, von dem im Vorstehenden die Rede war, giebt Hofrath Stein die folgende Anleitung.*) Von einem Objecte bekannter Größe haben wir ein Projectionsbild auf einer matten Scheibe zu entwerfen, das Schaubild entweder mit Zirkel und Maßstab direct auszumessen oder durch Fixirung auf einer lichtempfindlichen Platte es festzuhalten, in ein bleibendes Bild umzuwandeln und dann auf diesem unsere Messungen vorzunehmen. Die matte Scheibe muß an diejenige Stelle im Tubus des Mikroskopes gesetzt werden, wo sich das Objectivbild des beobachteten Gegenstandes am schärfsten entwickelt. In einem zusammengesetzten Mikroskope ist nun, wie wir früher vernommen haben, die Vergrößerung gleich dem Producte, das sich ergiebt, wenn man die Vergrößerungswerthe der Objectivsysteme mit denjenigen der verschiedenen Oculare multiplicirt. Haben wir den Vergrößerungswerth eines Objectes durch Projection des vergrößerten Bildes

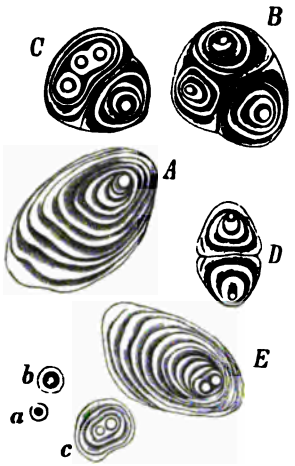
*) Das Licht im Dienste wissenschaftlicher Forschung. S. 296–300.

auf der matten Scheibe gefunden, und nehmen wir das Bild der matten Scheibe, nachdem wir es photographisch fixirt, nochmals mit dem zugehörigen Ocular des Mikroskopes vergrößert auf, so erhalten wir, wenn wir die gleichen Entfernungen nehmen, welche das Ocular im zugehörigen Mikroskoptubus von dem Objectivbilde zu haben pflegt, eine Bildgröße auf einer zweiten matten Scheibe, welche dem absoluten Vergrößerungswerthe des betreffenden Mikroskopes bei bestimmter Tubuslänge entspricht.

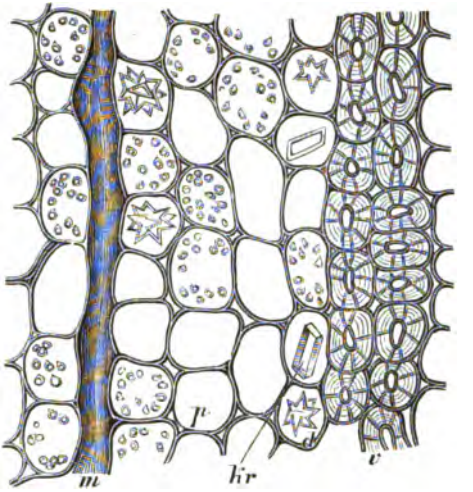


Mikrophotographie eines Mikrometers (100mal vergrößert).

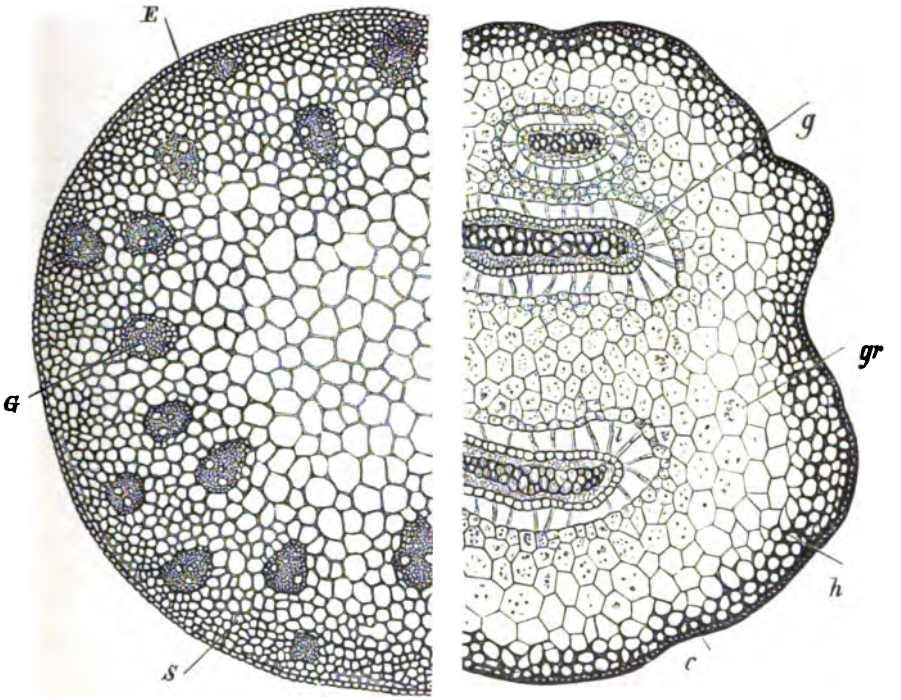
Als Object von bekannter Größe benützt man nun die vorher erwähnten Glasmikrometer. Sehr genaue Mikrometer werden auf photographischem Wege erhalten, wenn man von einem auf Carton gezeichneten Metermaßstabe, der nach seiner ganzen Länge in Millimeter eingetheilt ist, eine scharfe negative Aufnahme von 10 Centimeter Länge abnimmt und dieses Negativbild wiederum nach einer hier nicht näher zu erläuternden Methode auf Millimeter photographisch reducirt. Unter dem Mikroskope wird sich alsdann jedes Millimeter als in 100 Theile getheilt erweisen. Einen solchen Mikrometer veranschaulicht die beigegebene Figur.



Stärkekörner aus einer Kartoffelknolle. A ein älteres einfaches Korn, B ein halb zusammengesetztes Korn, C D ganz zusammengesetztes Korn, E ein älteres Korn, dessen Kern sich getheilt hat; a ein sehr junges Korn, b ein älteres, c noch älter mit getheiltem Kern.



Längsschnitt durch die innere Rinde des Stengels der Wachsblume (Hoya carnosa). v Parenchymzellen mit stark verdickten, von einfachen Canälen durchzogenen Zellwänden; p Zellgewebe mit dünnen Zellwänden; innerhalb derselben Chlorophyllkörner, einzelne Krystalle (kr) und Krystalldrüsen (d) von oxalsaurem Kalke; m Milchsaftgefäß. Vergr. 250. (Nach Thomé.)



Links Querschnitt durch den unteren Theil vom Halm des Kammgrases (Cynosurus cristatus); E Epidermis, G Gefäßbündel, S Sklerenchymring. — Rechts Querschnitt durch den Stamm von Selaginella inaequalis (Moosfarn); g Gefäßbündel, gr Grundgewebe, h Hautgewebe, c Cuticula, l Intercellularräume. (Vergr. 800.)

Auf dem gravirten Objectgläschen beträgt der ganze Raum a b einen Millimeter. Es ist also hier ein Millimeter in 100 Theile getheilt, oder mit anderen Worten, die Vergrößerung ist eine hundertfache. Hat man nun ein photographisches Bild von irgend einem Objecte in vergrößertem Maßstabe genommen und will man die wirkliche Größe des mikroskopischen Gegenstandes daraus ableiten, so hat man die Länge oder Breite des Bildes mittelst Zirkel oder Maßstab genau zu ergründen und den gefundenen Durchmesser durch die in oben erwähnter Weise bekannt gewordene Vergrößerungsziffer des Apparates zu dividiren.

Ein Beispiel soll diese Manipulation erläutern. Das auf Seite 30 abgebildete Mikrometer und das beigefügte Object wurde mit gleichem Objective und bei gleicher Entfernung der Bildfläche aufgenommen. Die Vergrößerung des Mikrometers ist ein bekannter Factor: die hundertfache Vergrößerung eines Millimeters. Nun messen wir mittelst des Zirkels die Länge des Objectes zwischen den Zangenspitzen des Kopfes und der Mitte der Hinterleibsrundung, und erhalten 3·3 Centimeter. Diese Ziffer ist durch 100 zu dividiren, worauf die Zahl 0·033 zum Vorschein kommt, d. h. die wirkliche Größe des Objectes ist gleich 0·33 oder rund $^1/_3$ Millimeter. In dem vorliegenden Falle ist die Vergrößerung des Objectes allerdings eine 200fache, da dessen photographische Aufnahme ganz unabhängig von dem vorstehend dargestellten Mikrometer gemacht wurde. Aber in Ermangelung eines Objectbildes von genau 100facher Vergrößerung wird das hier gegebene Beispiel immerhin das Princip des Vorganges bei der Messung deutlich klarlegen.

Pferdekrätzmilbe (Vergr. 200).

Die Zählapparate sind gleichfalls zum Einlegen hergerichtet. Man unterscheidet Ocular- und Object-Netzmikrometer. Bei ersteren ist behufs Abzählung zerstreuter Theile im Sehfelde ein Quadrat von 5 Millimeter in quadratische Felder von 1·0 bis 0·5 Millimeter getheilt. Die Object-Netzmikrometer sind in Kammern von gleicher und genau bestimmter Tiefe (0·1 Millimeter) adjustirt. Die Netztheilung auf dem Boden der Kammer umfaßt 400 Quadrate von je $^1/_{400}$ Quadratmillimeter, so daß der Kubikinhalt der über einem solchen Quadrate stehenden Flüssigkeit genau $^1/_{4000}$ Kubikmillimeter beträgt. Zur Vervollständigung der Ausrüstung gehören zwei geschliffene Deckgläser.

Wir kommen nun zu den Polarisations-Einrichtungen, welchen eine hochwichtige wissenschaftliche Bedeutung bei der Untersuchung organischer und unorganischer Objecte zukommt, und zwar deshalb, weil bei Anwendung derselben moleculare Verhältnisse zur Anschauung kommen, die auf keine andere Weise sichtbar gemacht werden können. Wie allgemein aus der Physik bekannt ist, erlangt ein Lichtstrahl, der unter gewissen Umständen gebrochen und zurückgeworfen wird, Eigenschaften, welche ihn von einem gewöhnlichen eben von der Lichtquelle kommenden Strahle wesentlich unterscheiden. Man nennt einen solchen Strahl einen »polarisirten Lichtstrahl«, den Vorgang die »Polarisation«. Diese Benennungen sind noch immer gebräuchlich, obgleich die ihnen zu Grunde liegende Vorstellung längst aufgehoben worden ist.

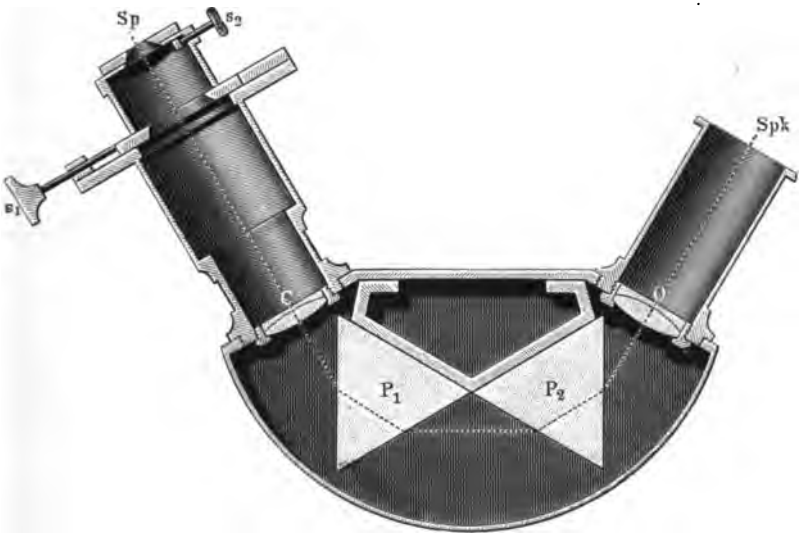
Durch Einfügung sogenannter »Nicols« (Nikolischer Prismen) kann jedes größere Mikroskop ohne weiteres in ein Polarisationsmikroskop verwandelt werden. Die Nicols sind aus doppelbrechendem isländischen Kalkspath derart hergestellt, daß nur das eine von den beiden durch die Doppelbrechung erhaltenen Strahlenbündeln durch das Prisma hindurchtritt, während das andere durch Reflexion verloren geht. Das eine der Nicols — der sogenannte »Polarisator« — wird zwischen Beleuchtungsspiegel und Object angebracht und am zweckmäßigsten mit einer Sammellinse verbunden, welche die Intensität der Beleuchtung erhöht; der zweite Nicol (»Analysator«) erhält seine Stellung am besten über dem Ocular, indem er mit seiner Röhre auf letzteres derart aufgestellt wird, daß er sich um seine verticale Achse drehen läßt. Bewirkt man nun, während man beobachtet (aber ohne daß sich ein polarisirender Gegenstand unter dem Mikroskope befindet), die Drehung des Analysators um seine Achse, so wird das Sehfeld abwechselnd allmählich heller und dann wieder dunkler werden. Das Minimum der Helligkeit stellt sich ein, wenn der Analysator mit dem Polarisator Winkel von 90° oder 270° bildet; das Maximum dagegen, wenn die Winkel 0° oder 180° betragen. Bei einem guten Apparat muß die Verdunkelung des Gesichtsfeldes, wenn die Polarisationsebenen rechtwinkelig zu einander stehen, eine vollkommene sein.

Polarisator.

Auch Apparate zur Spectralanalyse hat man in neuerer Zeit mit dem Mikroskope verbunden. Man nennt sie Mikrospectroskope. Ihre Construction ist eine verschiedene, je nachdem es sich darum handelt, den im Sehfeld des Mikroskopes befindlichen Theil des Objectes nur mit einer reinen Spectralfarbe zu beobachten, oder gleichzeitig die Wirkung des ganzen Spectrums auf denselben zu

beobachten, oder endlich nur das Spectrum des polariſirten Lichtes zur Wirkung zu bringen. Alle dieſe Apparate laſſen ſich mittelſt einer Centrirvorrichtung in das Geſtell des auf Seite 20 beſchriebenen Abbé'ſchen Beleuchtungsapparates anbringen und mit der an demſelben befindlichen Zahn- und Triebbewegung auf die Objectebene einſtellen.

Die beigegebenen Abbildungen zeigen die für die vorſtehend erwähnten Zwecke geeigneten Vorrichtungen. Die erſte Abbildung iſt der Hartnack'ſche Beleuchtungsapparat für monochromatiſches (einfärbiges) Licht. Mittelſt eines Prismenſyſtems von ſtarker Dispersion (Farbenzerſtreuung) wird ein Spectrum von beträchtlicher Länge auf das Object projicirt, ſo daß bei etwas ſtärkeren Vergrößerungen das ganze Sehfeld mit annähernd einfarbigem Lichte beleuchtet iſt.



Beleuchtungsapparat für monochromatiſches Licht.

Durch Verſchiebung des Spaltes mittelſt der Schraube S_1 können die verſchiedenen Farben nacheinander in das Sehfeld geführt werden. Die Function dieſes Apparates iſt folgende: das Licht dringt bei dem Spalte Sp, welcher mittelſt der Schraube S_2 regulirt, d. h. enger und weiter geſtellt werden kann, in das linksſeitige Rohr ein, wird durch die Sammellinſe C nach der einen Fläche des Prismas P_1, von hier nach dem Prisma P_2 gebrochen und paſſirt die zweite Sammellinſe O, welche das von dem Prisma gebildete Spectrum Spk, wie vorſtehend erwähnt, in beträchtlicher Länge auf das zu beobachtende Object wirft.

Der zweite Apparat iſt das Engelmann'ſche Mikro-Spectralobjectiv. Die Elemente dieſer Conſtruction ſind in einer Röhre untergebracht, welche unterhalb des Objecttiſches concentriſch mit der optiſchen Achſe des Mikroſkopes eingeſetzt wird, um ein reelles Spectrum auf das zu beobachtende Object zu pro-

jiciren. Die Backen des Spaltes werden durch eine Schraube mit zwei entgegengesetzten Gewinden auf gemeinsamer Spindel symmetrisch bewegt, so daß die Mitte des Spaltes ihren Ort nicht verändert. Die getheilte Trommel der Schraube giebt die eingestellte Spaltbreite direct in Hundertel des Millimeters an. Zwei durch Schrauben zu bewegende Schieber gestatten die Länge des Spaltes nach beiden Seiten zu begrenzen. Zur Projection des Spectrums sind die gewöhnlichen Objective zu verwenden.

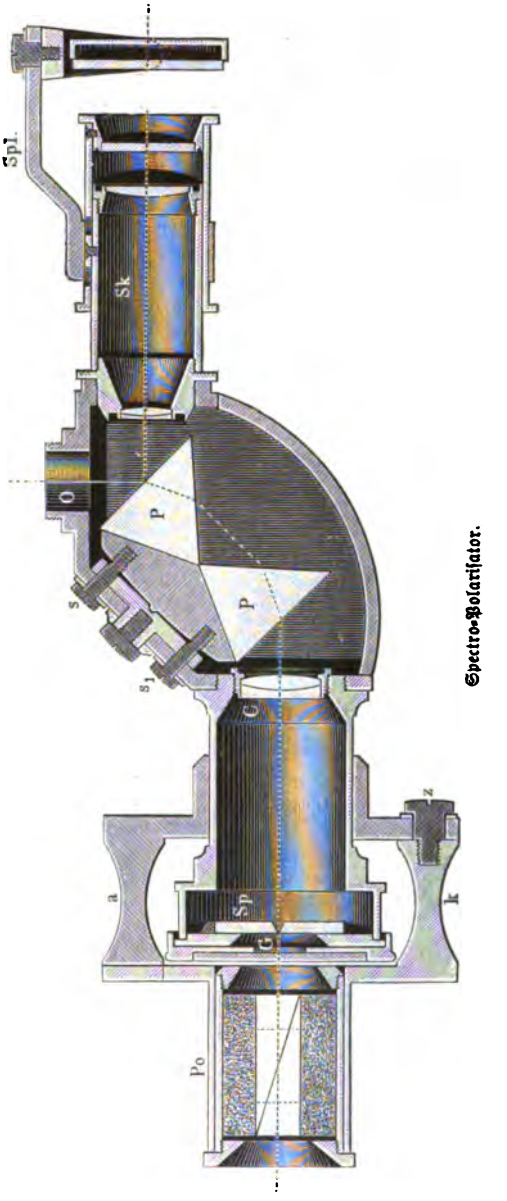
Zu dem Behufe, das Spectrum polarisirten Lichtes zur Wirkung zu bringen, dient der Spectro-Polarisator. Bei dem Seite 39 abgebildeten Apparate nach Rollett, in modificirter Construction nach Dippel, wird der Analysator des Polarisationsapparates in die Tubusröhre eingesetzt und hierauf der Polarisationsapparat bei O unter dem Objecttisch angeschraubt. Der aus dem Hartnack'schen Prisma bestehende Polarisator Po ist mittelst der Kurbel k um den Zapfen z drehbar und an dem Arme a einklappend, zum Vor- und Zurückschlagen eingerichtet, so daß man ihn vor den Spalt bringen oder diesen frei lassen, also ebenso in polarisirtem als in gewöhnlichem Lichte, d. h. mit einfachem Spectrum arbeiten kann. Die in einem auf das Spaltrohr aufsteckbaren Ringe einzulegenden verzögernden Gypsblättchen G werden dicht hinter dem Polarisator eingeschaltet, und ist ihnen damit eine Stellung angewiesen, die nicht allein ein leichtes Wechseln gestattet, sondern auch derjenigen über dem Prismensystem und dem Objectiv gegenüber theoretisch vortheilhaft erscheint. Zur Entwerfung des Spectrums in der Objectebene können je nach Bedürfniß schwächere oder stärkere Mikroskopobjective — bis zu etwa 6 Millimeter Brennweite herab — dienen, welche dem Prismengehäuse bei O aufgeschraubt werden. —

Mikro-Spectralobjectiv.

Was die Vorrichtungen zum Wechseln der Objective anbelangt, werden an dieselben hauptsächlich zwei Anforderungen gestellt: erstens soll das Bild beim Wechseln der Objective nicht verschwinden, so daß zur scharfen Einstellung desselben nur noch eine Nachhilfe mit der Mikrometerschraube nöthig ist, und zweitens soll die Wechselvorrichtung gut »centrirt« sein, d. h. nach dem Wechseln dieselbe Stelle des Objectes im Mittelpunkte des Gesichtsfeldes erscheinen. Die erstere Anforderung wird dadurch erfüllt, daß die hier in Betracht kommenden Objective durch die verschiedene Länge ihrer Trichter unter sich abgeglichen sind, also beim Wechseln von selbst in den ihrem Focus entsprechenden Abstand von der Objectebene kommen. Der zweiten Anforderung kann man bei der bisher üblichen Revolver-Vorrichtung

mittelst des Zeiß'schen Schlitten-Objectivwechslers, welcher eine eigene Centrirvorrichtung besitzt, daher jedem Objective angepaßt werden kann, gerecht werden.

Zunächst einige Bemerkungen über die Revolver-Vorrichtung. In der Figur Seite 36 (oben) ist eine solche von bisher üblicher Construction dargestellt, und zwar mit fünf Objectivsystemen, welche Zahl natürlich nicht bindend ist, da auch Objectiv-Revolver mit einer geringeren Zahl von Objectivsystemen (4, 3 oder 2) im Gebrauche stehen. Am unteren Ende des Mikroskoptubus (T) ist die Revolverscheibe (S) derart angebracht, daß sie sich um die Achse des Tubus drehen läßt und jedesmal, wenn ein Objectiv (a—e) im Centrum des Tubus steht, durch eine einschnappende Feder festgehalten wird.

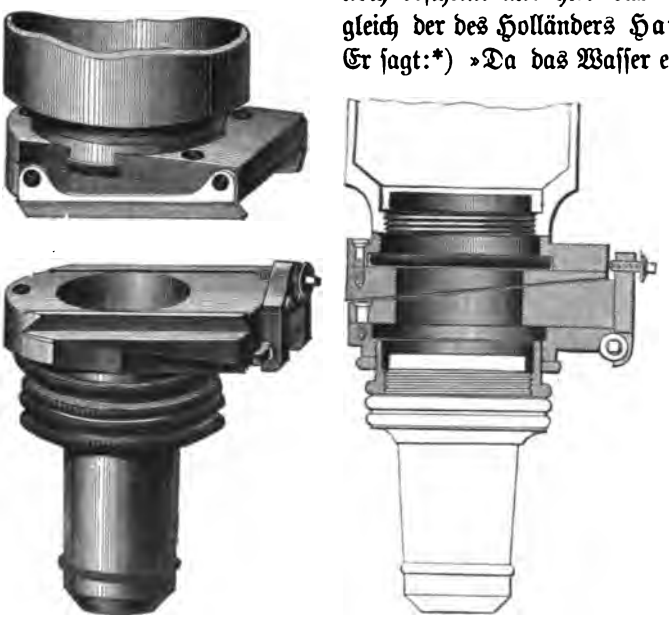


Eine ganz wesentliche Verbesserung zeigt der Seite 40 abgebildete Zeiß'sche Schlitten-Objectivwechsler, der sich aus zwei Bestandtheilen, dem Tubusschlittenstück und dem Objectivschlittenstück zusammensetzt. Das erstere wird in der bei den gewöhnlichen Revolvern gebräuchlichen Weise am Tubus angeschraubt und mit der Schlittenführung nach vorn an demselben festgezogen. Die Ebene der Schlittenführung ist nicht senkrecht zur optischen Achse, sondern zu derselben schwach geneigt angebracht. Beim Objectivschlittenstücke hat die Ebene der Schlittenführung die gleiche Neigung gegen die optische Achse, so daß das Objectiv sich beim Ein- und Ausrücken hebt und den Lackring der Präparate (worüber in einem späteren Abschnitte die Rede sein wird) nicht beschädigt. Eine an diesem Stücke angebrachte und mittelst Uhrschlüssels regulirbare Anschlagsschraube fixirt es in einer bestimmten Stellung.

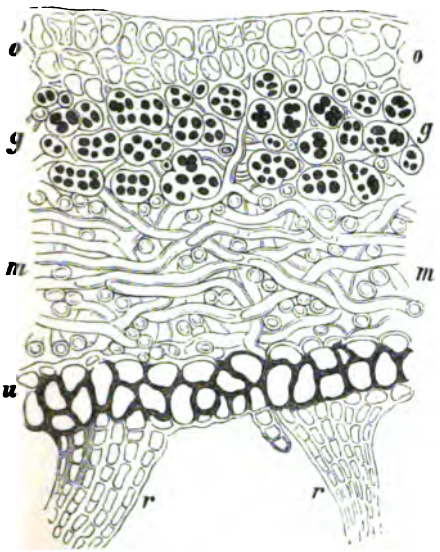
welche es nach jedem Ausrücken stets wieder einnehmen muß, und bildet zugleich die Centrirvorrichtung in der Richtung der Schlittenführung, während eine gleichfalls mittelst Uhrschlüssels regulirbare Schraube ohne Ende die Centrirung des Objectivs rechtwinkelig zur Schlittenführung vermittelt. Die Objectivschlittenstücke passen sehr genau in die Führung des Tubusschlittenstückes und sind vom Atelier Zeiß in beliebiger Zahl zu beziehen.

Revolver-Vorrichtung für fünf Objective.

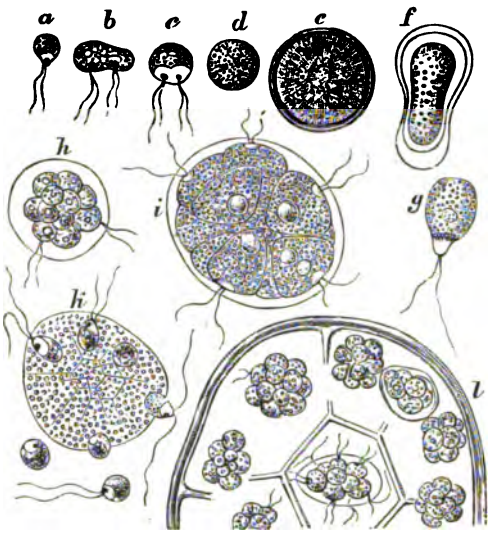
Die gewöhnlichen für Liebhaberzwecke in den Handel kommenden Mikroskope sind sogenannte Trockensysteme, während für wissenschaftliche Zwecke vielfach sogenannte Immersionssysteme gebraucht werden. Es ist daher nothwendig, über diese Unterscheidung einige erläuternde Worte anzufügen. Unter Immersion ist jenes Verfahren zu verstehen, welches darin besteht, daß zwischen der Fläche der Vorderlinse des Objectivs und dem auf dem Objectträger aufliegenden Deckgläschen eine Flüssigkeit eingeschaltet wird, welche ein größeres Lichtbrechungsvermögen als die Luft besitzt. Der hervorragende Werth der Immersion ist so allgemein anerkannt, daß darüber kaum ein Wort zu verlieren ist. Dennoch erscheint uns hier das Urtheil einer Autorität gleich der des Holländers Harting wohl angebracht. Er sagt:*) »Da das Wasser ein stärker lichtbrechendes Medium ist als die Luft, so nimmt die Reflexion der Lichtstrahlen an der Oberfläche des Deckgläschens und weiterhin an der Unterfläche des Objectivs bedeutend ab, ja sie kommt fast gänzlich in Wegfall. In Folge hiervon dringen auch mehr Lichtstrahlen in das Mikroskop, und die dünne Wasserschicht hat die nämliche Wirkung, wie eine Vergrößerung des Objectivwinkels. Diese günstige Veränderung wird hauptsächlich den Randstrahlen zu Theil,


Schlitten-Objectivwechsler.

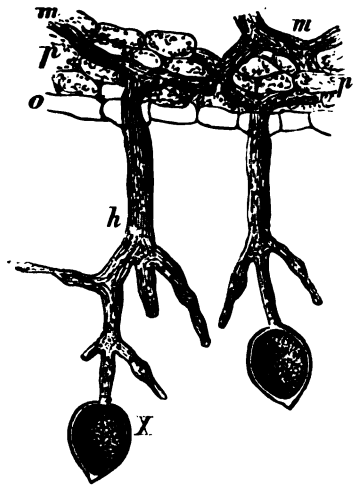
*) Harting: »Das Mikroskop« (deutsch von Dr. W. Thiele).



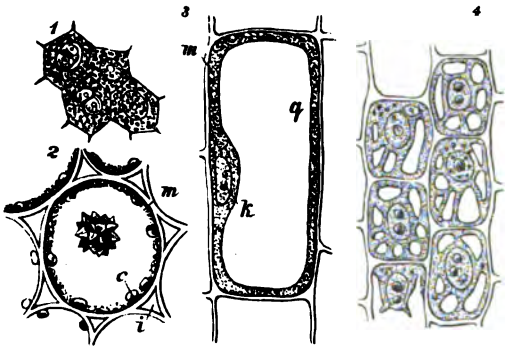
Rußfarbige Grubenflechte (Sticta fuliginosa). Querschnitt durch das laubartige Lager; o Rindenschicht der Oberseite; g Gonidien, welche zu mehreren von einer Gallerthülle umschlossen und deren Blattgrünkörper dunkel schattirt sind; m Markschicht, deren Fäden theils ihrer Länge, theils der Quere nach durchschnitten erscheinen; u Rindenschicht der Unterseite; r Haftfasern. (Vergr. 500.)



Verschiedene Schwärmzustände (Entwickelung von Pandorina). a Schwärmer, b zwei Schwärmer in Copulation, c und d weitere Stadien; e größere Cyste (Zygospore), aus welcher später der Inhalt austritt (f) und eine große Schwärmzelle bildet (g), worauf diese durch Theilung in eine junge Familie (h) übergeht, welche aus 16 Individuen besteht und heranwächst (i), um sich zu vergrößern (l) und aus jedem Individuum eine Tochterfamilie (gezeichnet sind nur acht) zu bilden; k eine sogenannte geschlechtliche Familie, die in verschleimenden Hüllen kleine Schwärmer erzeugt, welche sich wie oben weiter entwickeln. (Modificirt nach Pringsheim.)



Kartoffelkrankheit (Peronospora infestans). o Oberhaut des Blattes, p Zellengewebe, m Mycelium des Kartoffelpilzes, h Hyphen, X Knospe.



Verschiedene Zellen. 1 Parenchymgewebe. 2 Zelle mit Krystallen und Chlorophyll (c), Zellmembran (m), Intercellularräumen (i) nnd Theilen von 7 angrenzenden Zellen. 3 Große Zelle, m Membran, unter derselben der körnige Plasmainhalt mit dem Kerne k; das Plasma umschließt den mit Zellsaft gefüllten Hohlraum q. 4 Sechs verschiedene Zellen mit verschiedener Bildung, in jeder Zelle ein großer Kern, zahlreiche Vacuolen. (Nach Sachs.)

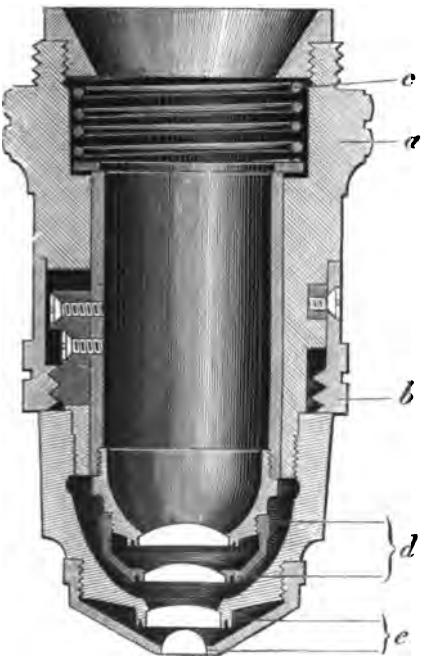
die am schiefsten einfallen. Jene Randstrahlen betheiligen sich aber stärker an der Bildung des vor dem Ocular auftretenden Bildes, und da sie beim Durchgang durch ein durchsichtiges Object zumeist von ihrer Bahn abgelenkt werden, und die kleinen dadurch hervorgerufenen Abweichungen an dem Bilde sichtbar werden, muß das Unterscheidungsvermögen des Mikroskops durch jene Zwischenschicht von Wasser sich steigern.«

Es ist zu bemerken, daß Immersionssysteme nur als solche zu verwenden sind, da derlei Mikroskope ohne Einschaltung der Immersionen undeutliche Bilder ergeben. Man unterscheidet zwei Immersionssysteme: Wasserimmersion (oder Immersion schlechtweg) und »homogene Immersion«. Bei der letzteren tritt an Stelle des Wassers eine Flüssigkeit, d. h. Oele (Anis-, Cedernholz-, Fenchel- und Ricinusöl), deren Lichtbrechungsvermögen ein noch größeres ist, als das des Wassers. Die homogene Immersion hat namentlich im Zeiß'schen optischen Institute in Jena jene vollkommene Ausgestaltung erfahren, welche ihm verdienter Weise die ungetheilte Anerkennung der wissenschaftlichen Kreise eingetragen hat.

Worin das Princip der Immersion besteht, ist dem Leser vorstehend klar gemacht worden. Der Laie bedarf aber noch einer weiteren Aufklärung, da er sich schwerlich eine richtige Vorstellung darüber machen wird, auf welche Weise man die lichtbrechende Flüssigkeit einschaltet. Das Verfahren ist ungemein einfach. Wie wir in dem nachfolgenden Abschnitte noch eingehend auseinandersetzen werden, müssen Gegenstände, welche im frischen Zustande unter das Mikroskop gelangen, nachdem man sie auf den Objectträger gebracht, mit einem sogenannten Deckgläschen zugedeckt werden. Dadurch wird das Object zunächst von äußeren Zufällen geschützt, was aber nur ein Nebenzweck ist. Als Hauptzweck hat zu gelten, daß mittelst des Deckgläschens der Gegenstand leicht flachgedrückt wird, wodurch alle dessen Theile in eine Ebene gelangen, also die störende Plastik beheben. Natürlich ist dies nur bei sehr flachen und zarten Präparaten möglich und selbst bei diesen empfiehlt es sich, um desformirende Quetschungen zu verhüten, zwischen dem Objectträger und dem Deckgläschen ganz feine Gegenstände, z. B. kurze Haarstücke zu legen.

Da nun große Mikroskope, d. h. Instrumente starker Vergrößerung, eine so kleine Brennweite besitzen, daß die Planfläche der Vorderlinse des Objectivs fast in unmittelbare Berührung mit dem Deckgläschen kommt, erklärt sich die Einschaltung der Flüssigkeit bei den Immersionssystemen sozusagen von selbst. Man benetzt nämlich die Planfläche der Unterlinse des Objectivs mit einem Tröpfchen Wasser (beziehungsweise eines der vorgenannten Oele) und ein ebensolches Tröpfchen bringt man auf das Deckgläschen, genau über den zu beobachtenden Gegenstand. Sowie man nun den Tubus (zunächst durch grobe Einstellung) niederschiebt, treten die beiden Tröpfchen mit einander in Verbindung, womit die Zwischenschicht eingeschaltet ist. Die feine Einstellung erfolgt sodann mittelst der Mikrometerschraube. Es tritt also hier eine ununterbrochene optische Verbindung zwischen dem beobachteten Gegenstande und dem Auge ein, woraus sich die Bezeichnung »homogene« Immersion erklärt.

Die Manipulation mit den Deckgläsern erfordert übrigens eine Einrichtung an dem optischen Theile des Mikroskopes, der zur Vervollständigung unserer Mittheilungen erläutert werden muß. Ein Linsensystem von starker Vergrößerung wird sich nämlich sehr ungleich verhalten, je nachdem man den zu beobachtenden Gegenstand einfach auf den Objectträger unter das Objectiv bringt, oder mit darübergelegtem Deckglase. Während nämlich in ersterem Falle das Bild in vollkommener Schärfe hervortritt, lagert im zweiten Falle über dem ganzen Sehfelde ein die Deutlichkeit im hohen Grade beeinträchtigender Nebelschleier. Freilich kann auch das Umgekehrte eintreten, d. h. daß die volle Bildschärfe wohl mit Benützung des Deckgläschens erreicht wird, nicht aber dann, wenn der Gegenstand unbedeckt beobachtet wird.



Correctionsfassung.

Dieser Sachverhalt macht an den Mikroskopen starker Vergrößerung eine besondere Einrichtung nothwendig. Bei Objectivsystemen mit Linsen in fester Verbindung müssen selbstverständlich Deckgläschen von genau bestimmter Dicke verwendet werden, wodurch dem dargelegten Uebelstande vorgebeugt wird. In vielen Fällen aber — das Gegentheil wäre ja unter Umständen sehr unbequem — wird man der Benützung verschieden dimensionirter Deckgläschen nicht ausweichen können, und in diesem Falle müssen die Objectivsysteme verstellbar sein. Man nennt dieselben Correctionssysteme.

Die beigegebene Abbildung zeigt die Einrichtung eines solchen Correctionssystems nach Zeiß. Das Princip derselben beruht darauf, daß der untere Theil des Linsensystems (e) fest mit der Hauptfassung (a) verbunden ist, während der obere Theil (d) auf- und niederbewegt werden kann. Diese Bewegung wird durch die Spannfeder c, welche mit Hilfe des Correctionsringes b ausgeführt wird, regulirt. Dieser Ring greift mit seiner Schraubenmutter in das Gewinde des mit d verschraubten Ansatzes (links in der Mitte) ein und vermittelt so das Auf- und Niedersteigen der hinteren Linsen. Die Theilung und Bezifferung des Correctionsringes giebt, am festen Index abgelesen, diejenige Deckglasdicke (in Hundertel Millimeter) an, für welche das Objectiv bei der betreffenden Stellung des Ringes am besten corrigirt ist.

Zweiter Abschnitt.

Der Gebrauch des Mikroskopes.

Obwohl es eine mißliche Sache ist, den mit dem Mikroskope völlig unvertrauten Laien oder Anfänger durch theoretische Anleitung zu einem tüchtigen Beobachter heranbilden zu wollen — mißlich deshalb, weil das Mikroskopiren mit der individuellen Veranlagung des zu Unterweisenden in vielfacher Wechselbeziehung steht — kann gleichwohl aus naheliegenden Gründen von den theoretischen Auseinandersetzungen nicht abgesehen werden. Vor Allem darf nicht übersehen werden, daß es sich diesfalls nicht um Dinge handeln kann, an welche höhere wissenschaftliche Ansprüche gestellt werden. Soweit das Mikroskopiren von Dilettanten ausgeübt wird, sind die hierbei zu beobachtenden Verhaltungsregeln keineswegs eine Sache, die mit einem außergewöhnlichen Aufwande von theoretischen Lehren oder erst nach erfolgter Schulung in der Praxis erworben werden kann. Dagegen soll mit Nachdruck darauf hingewiesen werden, daß in der Mikroskopie Theorie und Praxis von gleichwerthiger Wichtigkeit sind, weil die erstere ihrem Wesen nach ein wissenschaftliches Hilfsmittel ist und weil Derjenige, der sich mit ihr beschäftigt, fortschreitend, d. h. mit der Bereicherung seiner einschlägigen Kenntnisse stets eine mit diesem Fortschritte parallel laufende Steigerung seiner praktischen Erfahrungen zu verzeichnen haben wird. Dazu kommt, daß das Mikroskopiren — von dem Reize ganz abgesehen, den es Demjenigen bietet, dem hierbei eine bis dahin völlig verschlossene Welt enthüllt wird — zu Aufmerksamkeit, Fleiß und Ausdauer gebieterisch zwingt, also bis zu einem gewissen Grade auch erzieherisch, unter jeder Beziehung aber disciplinirend auf lebhafte, flüchtige, zu keiner andauernden, sorgfältigen Arbeit geneigte Personen wirkt.

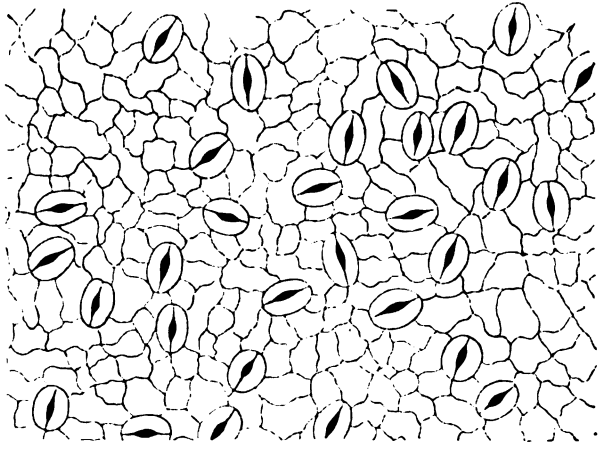
Der Mikroskopiker muß also, um kurz zu sein, wie Jeder, der sich in der Ausübung einer Thätigkeit mit wissenschaftlicher Grundlage bilden und vervollkommnen will, zunächst theoretisch belehrt und sodann praktisch herangebildet werden. Das erstere besorgt das vermittelnde Wort, das letztere das Selbststudium und die eigene Erfahrung. Dabei kann nicht eindringlich genug dem Anfänger vorgehalten werden, daß er sich von den vielen complicirten Einrichtungen, welche ihm in dem vorangegangenen Abschnitte vorgeführt und demonstrirt wurden, nicht abschrecken lasse. Manchen möchten die zum Verständnisse dieser Einrichtungen ziemlich weitgehenden optischen und überhaupt physikalischen Vorkenntnisse abschrecken. Aber diese Kenntnisse dürfen wohl von Jedem, der überhaupt zu einem Mikroskope greift, unbedingt vorausgesetzt werden. In allen Fällen aber, wo die »Schulweisheit« im

Laufe der Jahre verraucht ist, wird es sich zumeist nur um eine Auffrischung derselben handeln, was innerhalb kurzer Zeit zu erreichen sein wird. Ferner — und davon war bereits einmal die Rede — soll es den minderbemittelten oder zunächst noch wenig in die Geheimnisse der Mikroskopie eingedrungenen Jünger nicht verdrießen, wenn er theils aus Rücksicht auf die Kosten, theils auf Grund der zwingenden Nothwendigkeit mit einfacheren Instrumenten seine Thätigkeit beginnen, der schönen, complicirten und mit größter Präcision arbeitenden Mikroskope, auf denen sein Auge verlangend ruht, indeß entbehren muß. Ein Altmeister der Mikroskopie, H. v. Mohl, sagt: »Je einfacher der Bau des Mikroskopes, desto schneller und leichter wird man alle nöthigen Bewegungen vornehmen; je complicirter sein Bau ist, desto mehr Ueberlegung und Zeit kosten dieselben und desto mehr wird die Aufmerksamkeit während der Beobachtung zum Schaden derselben getheilt. Wer nicht die manuelle Geschicklichkeit besitzt, um mit einem einfach gebauten Mikroskope zu arbeiten, wer für jede Bewegung, anstatt seine Finger zu gebrauchen, eine Schraube nöthig hat, der ist ohnehin zum mikroskopischen Beobachter untauglich.«

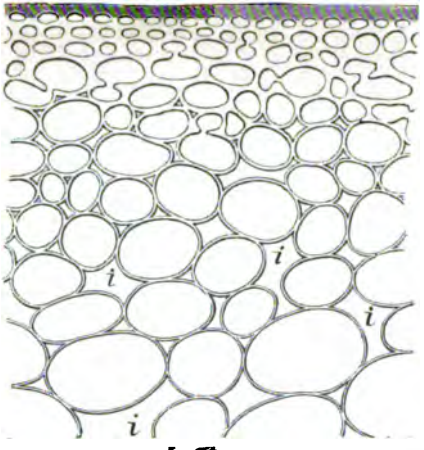
Hierin stimmen alle Berufsmikroskopiker und Fachmänner in ihrem Urtheile überein. Die großen, complicirten und theueren Instrumente sind ja im Grunde genommen nichts anderes als das sichtbar gewordene optisch-mechanische Product der gerade in unserer Zeit zu glanzvoller Höhe emporgestiegenen naturwissenschaftlichen Disciplinen. Mit dieser Ausgestaltung läuft aber die Specialisirung parallel. Daraus folgert, daß ein Instrument, dessen sich ein Virchow oder Zacharias, ein Haeckel oder Koch bedient, in der Hand eines, wenn auch kenntnißreichen, verständigen und geübten Dilettanten seinen Zweck völlig verfehlen wird. Dazu kommt, wie wir im Verlaufe unserer Mittheilungen sehen werden, daß es mit der Handhabung und eingehendsten Kenntniß von der Wirksamkeit aller Theile eines solch complicirten Instrumentes und von der zweckmäßigen Anwendung der Hilfsapparate nicht abgethan ist. Es müssen die Kunst des Präparirens, sodann das Hilfsmittel der Mikrophotographie und andere sehr umständliche, das gründlichste Fachwissen voraussetzende Vorarbeiten hinzutreten. Wir brauchen nur auf die Thätigkeit des praktischen Bakteriologen hinzuweisen, um den Sachverhalt zu kennzeichnen. Wie außerordentlich mühsam sind beispielsweise alle mit der sogenannten »Reincultur« von Mikroorganismen verbundenen Manipulationen; wie gründlich müssen die mikrochemischen Kenntnisse sein, um gewisse Präparationsmethoden, z. B. die Bakterienfärbung, durchführen zu können!

Soweit wird sich natürlich ein Liebhaber der Mikroskopie nicht versteigen, und eben deshalb wird es ihm nicht schwer fallen, seine sehnsüchtigen Blicke von den kostspieligen, complicirten Instrumenten auf ein einfacheres, selbst für wissenschaftliche Zwecke völlig ausreichendes Instrument abzulenken. Man denke an die Leistungen der ersten Mikroskopiker und so vieler Gelehrten, deren Thätigkeit noch in die ersten Decennien unseres Jahrhunderts hereinreicht. Eine Autorität, wie Harting, gesteht offenherzig, daß er sich durch viele Jahre eines Instrumentes bediente,

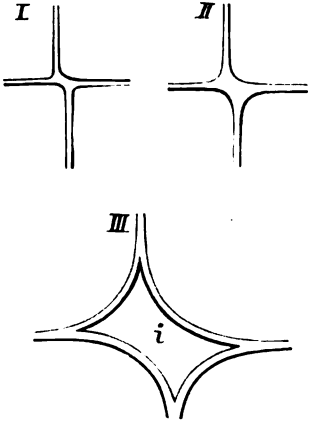
Spaltöffnungen in der Oberhaut eines Blattes. (Nach Hansen.)

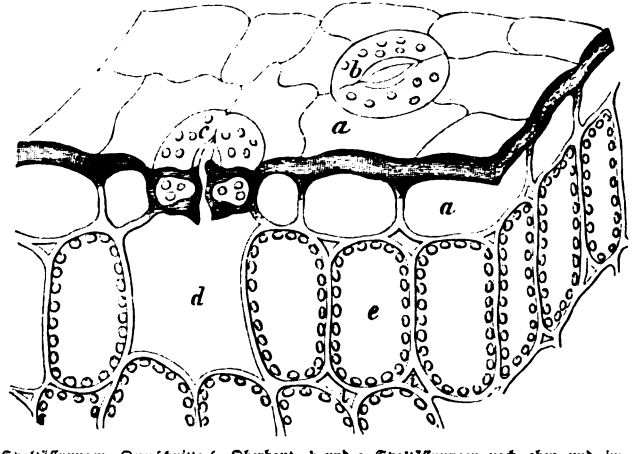


Querschnitt durch ein Stück Apfelschale mit Intercellularräumen (i). (Nach Detlefsen.)

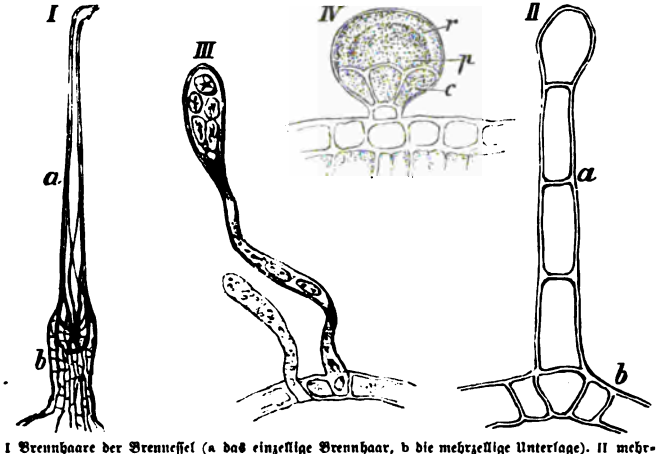


Bildung eines Intercellularraumes (i).





Spaltöffnungen, Querschnitte (a Oberhaut, b und e Spaltöffnungen nach oben und im Durchschnitt gesehen, d Athemhöhle, e chlorophyllhaltige Zellen). (Nach Hansen.)



I Brennhaare der Brennessel (a das einzellige Brennhaar, b die mehrzellige Unterlage). II mehrzelliges Haar (a vom Wiesenstorchschnabel), (b Zellen der Rinde). III keulenförmiges Haar. IV Drüsenhaar (c Membran, p Plasma, r Secret). Modificirt nach Thomé und Braß.)

an welchem das Futteral aus Pappe, der Objecttisch aus Holz, die Linsen aus kleinen Glaskügelchen bestanden. Trotzdem hatte er die Genugthuung, wahrzunehmen, daß alle mit diesem höchst primitiven Instrumente angestellten Untersuchungen Resultate lieferten, welche durch die Beobachtungen mit den vervollkommneten Mikroskopen in ihrer Hauptsache bestätigt wurden.

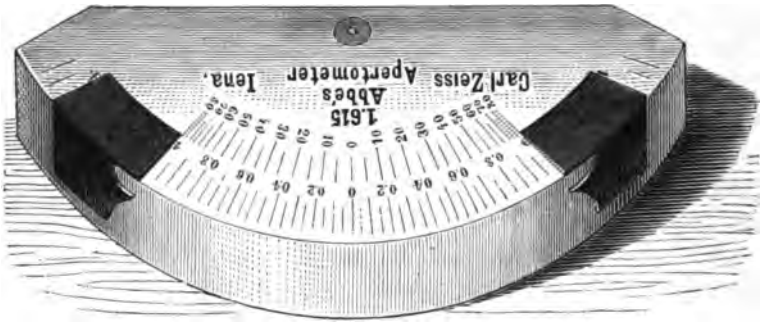
Damit wäre der Standpunkt gekennzeichnet, welchen der Anfänger oder Freund der Mikroskopie gegenüber der langen Liste ihm vorgeführter Instrumente und Hilfsapparate einzunehmen hat. Es ist ohne weiteres klar, daß, je umfassender diesbezüglich die theoretischen Kenntnisse sind, desto leichter die Orientirung über die hier in Frage kommenden Factoren ausfallen wird. Die wichtigste Frage betrifft selbstverständlich die Wahl des Instrumentes. ... Es ist eine auf Sternwarten vielfach beobachtete Erscheinung, daß Laien, welche diese Stätten der Himmelskunde besuchen, von einer schier geheimnißvollen Macht zu den größten Fernrohren, insbesondere zu den gigantischen Refractoren, mit welchen die vornehmsten Anstalten dieser Art ausgerüstet sind, sich hingezogen fühlen. Läßt man sie alsdann einen Blick durch solche Riesenrohre nach dem gestirnten Himmel, nach einer Sterngruppe oder einem Nebelflecke, ja selbst nach dem Monde werfen, so werden sie in der Regel enttäuscht. Sie bekommen meist nur verschwommene Bilder zu Gesicht und sind sehr erstaunt, wenn der demonstrirende Astronom sie freundlichst einlädt, sich der mittelgroßen oder kleineren Fernrohre zu bedienen, die ihnen die Bilder weit reiner und schöner zeigen würden.

Genau so verhält es sich mit den Mikroskopen. Die vergrößernde Kraft eines solchen soll beim Ankaufe niemals die conditio sine qua non sein. Ueber die Vergrößerung geht die Klarheit und Schärfe. Es giebt ältere Instrumente mit doppelt so großer Vergrößerungskraft als sie neueren innewohnt, und dennoch sind diese weit brauchbarer. Zwei Dinge sind bei guten Mikroskopen entscheidend: das Definitions- und das Penetrationsvermögen der Linsensysteme, oder populärer ausgedrückt: das Begrenzungsvermögen und die Unterscheidungsfähigkeit. Die Begrenzung eines im Mikroskope beobachteten Gegenstandes wird durch ein Linsensystem erreicht, dessen sphärische und chromatische Aberration auf ein Minimum herabgemindert ist. Dadurch wird er in völliger Klarheit, in seinen Contouren scharf umrissen im Sehfeld sich darstellen und ein tadelloses Bild abgeben. Wie wenig das Maß der Vergrößerung hierbei ausschlaggebend ist, beweist die Wahrnehmung, daß die Auswechslung des gebrauchten Oculars gegen ein stärkeres die Deutlichkeit desselben Bildes ganz wesentlich beeinträchtigen kann.

Die Unterscheidungsfähigkeit besteht darin, daß möglichst viele und zarte Einzelheiten an und in dem beobachteten Gegenstande wahrgenommen werden. Dieses »penetrirende Vermögen« eines Mikroskopes wird durch die Größe des Oeffnungswinkels der Linsensysteme bedingt, doch kann ein Maßstab hierfür nur bei Systemen mit größerer Brennweite genommen werden, also bei den mittleren und kleinen Mikroskopen. Sowie die Brennweite auf ein Minimum sich reducirt,

was bei allen großen, speciell wissenschaftlichen Instrumenten der Fall ist, vertritt die sogenannte »numerische Apertur« den Winkelwerth. Man hat darunter (nach Abbé) das Verhältniß zwischen dem Halbmesser der lichten Oeffnung und der Brennweite eines Objectivsystems zu verstehen. Als Regel hat zu gelten, daß ein bestimmter Grad der Vollständigkeit des mikroskopischen Bildes für um so kleinere Maßverhältnisse erreicht wird, je größer die numerische Apertur ist, daß also umgekehrt ein Objectiv — um einen bestimmten Grad von Aehnlichkeit zu erzielen — desto größere Maßverhältnisse im Object erfordert, je kleiner die numerische Apertur des betreffenden Objectivs ist.

Diesen Cardinalsatz hat sich der Jünger der Mikroskopie wohl einzuprägen. Die numerische Apertur wird mittelst eines besonderen Apparates — des Abbé'schen Apertometers — bestimmt. Er besteht aus einer dicken, halbkreisförmigen Flintglasscheibe von 90 Millimeter Durchmesser mit angeschliffenem Reflexionsprisma, welches horizontal einfallendes Licht in die Achse des Mikroskopes leitet. Zur



Apertometer.

Bestimmung der Apertur wird diese Platte mit der Theilung nach oben auf den Objecttisch des Mikroskopes gelegt und stellt man mit dem zu untersuchenden Objectiv — wenn es ein Immersionssystem ist, nach Zwischenfügung der Immersionsflüssigkeit — auf das kleine Loch in dem kreisförmigen Silberscheibchen mit einem beliebigen Ocular grob ein. Die Tubuslänge muß bei dieser Einstellung diejenige sein, mit welcher man das System im gewöhnlichen Gebrauch benützt. An den Rand der Apertometerplatte und zwar nahe der Mitte des Halbkreises legt man die beiden (aus rechtwinkelig gebogenen schwarzen Blechstücken bestehenden) Indices, und zwar derart, daß die mit einer Spitze versehenen Seiten an dem verticalen, cylindrischen Rand, die anderen, gradlinig begrenzten an der ebenen Oberfläche der Platte anliegen, wobei am besten die Spitzen von einander weg, nach außen gekehrt sind, wenn das zu untersuchende System relativ stark ist, oder zu einander (nach innen), wenn das System schwächer ist.

Nun schraubt man in das untere Gewinde des Tubusauszuges das dem Apparat beigegebene »Hilfsobjectiv«, dessen mit einem Diaphragma geschlossenes

Rohr hierbei in das Innere des Tubus zu liegen kommt. In das andere Ende des Auszuges steckt man ein Ocular und stellt mit dem so erhaltenen »Hilfsmikroskop« durch Hineinschieben in den Haupttubus das in ihm erscheinende Bild der Indices ein. Beim Herausziehen, beziehungsweise Hineinschieben des Tubusauszuges sorge man dafür, daß die Einstellung des zu untersuchenden Objectivs nicht geändert werde, was am besten dadurch erreicht wird, daß man bei diesen Manipulationen den Haupttubus mit der einen Hand fest an die ihn tragende Säule andrückt. Nun verschiebt man die Indices — stets darauf achtend, daß sie an der Platte möglichst gut anliegen — bis ihre Spitzen die Peripherie des hellen Kreises von innen, beziehungsweise außen, eben berühren. Wenn nöthig, corrigirt man noch die Einstellung des Hilfsmikroskops derart, daß die Indexspitzen und der Rand des hellen Kreises etwa gleich scharf werden. Ist auf diese Weise die richtige Stellung der Indices erreicht, so liest man bei beiden die Lage derjenigen oberen Blechkante, welche mit der Spitze in derselben Verticalebene liegt, auf einer der beiden Scalen auf der Glasplatte ab. Die halbe Summe der beiden Ablesungen an der äußeren, dem Rande näher liegenden Scala ist dann der gemessene Werth der numerischen Apertur des untersuchten Objectivs. — Die Summe der beiden Ablesungen an der inneren Gradscala ist der Werth des Oeffnungswinkels in Luft (beziehungsweise desselben auf Luft bezogen).

Die Beleuchtung ist für die Bestimmung der Apertur so zu reguliren, daß in horizontaler Richtung Licht auf die cylindrische Seitenfläche der Glasplatte fällt. Wenn die Breite der Lichtquelle nicht ausreicht, um das Bild im Innern des Tubus an beiden Seiten genügend hell erscheinen zu lassen, so dreht man für jede einzelne Einstellung das Mikroskop derart der Lichtquelle zu, daß auf den betreffenden Index das Licht möglichst voll auffällt, so daß dieser sich (im Bilde) schwarz von dem hellen Untergrunde abhebt.

Das Ocular für das Hilfsmikroskop wird man im Allgemeinen desto stärker wählen, je stärker das zu untersuchende Objectivsystem ist, um das Bild der Indices ꝛc. genügend groß zu erhalten. Man achte aber darauf, daß nicht etwa durch das Diaphragma des Oculars das mit dem Hilfsmikroskop sichtbare Bild des hellen Kreises theilweise abgeblendet werde. Will man sich für die Bestimmung niedriger Aperturen (unter 0·4, beziehungsweise 50°) — denen gewöhnlich auch entsprechend lange Brennweiten (7 Millimeter und mehr) zugehören — gleichfalls des Apertometers bedienen, so stellt man die Beobachtung der Indexbilder ohne Hilfsmikroskop, d. h. mit freiem Auge, an. Man hat also nach der Einstellung des Mikroskops auf das Loch in der Schilberschicht das Ocular zu entfernen und an seiner Stelle ein Scheibchen aus Blech oder Pappe mit einem kleinen axialen Loch anzubringen, um eine constante centrale Stellung des Auges zu erreichen, mit welchem man dann durch dieses Loch einfach nach dem Objectivsystem hinschaut.

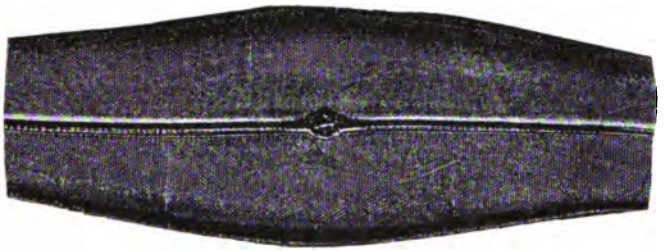
Dem angehenden Mikroskopiker wird das Verfahren bei der Bestimmung der numerischen Apertur gewiß sehr umständlich erscheinen und ihn möglicherweise nicht nur von dieser Operation, sondern von vielen ähnlichen rein theoretischen Maßnahmen abschrecken. Er möge sich beruhigen und erwägen, daß in vielen Fällen die bloße Kenntniß von der in der Behandlung guter und bester Instrumente zu beobachtenden Sorgfalt und theoretischen Exactheit ein heilsames Mittel gegen alle oberflächliche und leichtfertige Auffassung von den Pflichten eines gewissenhaften Mikroskopikers ist. Zur Ausübung solcher Operationen braucht es gar nicht zu kommen, wie denn auch die Benützung des Apertometers nur für wissenschaftliche Berufsmikroskopiker oder Vertreter exacter Forschung bestimmt ist.

Weitaus in den meisten Fällen wird die Prüfung eines Mikroskops viel weniger umständlich ausfallen, da diesfalls schon die Voraussetzung, die man an die Leistungsfähigkeit einer renommirten, oder doch anerkannt tüchtigen Firma stellt, für den Käufer in Bezug auf die anzuwendende Controle entlastend wirkt. Ist man willens, ein Instrument von bestimmter Größe oder Einrichtung zu erwerben, so wird in den meisten Fällen nichts weiter erübrigen, als die Leistungsfähigkeit desselben auf seine Definitions-, beziehungsweise Penetrationskraft zu prüfen.

Dies geschieht mit Zuhilfenahme sogenannter Testobjecte. Man bedient sich hierzu entweder des einen oder anderen allgemein giltigen Normal-Präparates, oder gewisser künstlicher Vorrichtungen. Eines der älteren dieser Präparate sind die helleren Schuppen von Hipparchia Janira, des bekannten Wiesenschmetterlings. Wer sich dieses Testobjectes bedient, hat zu beachten, daß bei einer 200fachen Vergrößerung neben den schon bei viel schwächerer Vergrößerung sichtbaren Längslinien auch die kurzen feinen Querlinien, von welchen 1200 auf einen Millimeter entfallen, noch wahrnehmbar sind. ... Ein anderes Testobject bilden die Schüppchen von den Flügeln des Kohlweißlings. Bei entsprechendem Penetrationsvermögen der zu erprobenden Linsensysteme ist es durchaus nöthig, daß an diesem Präparate nicht nur die eigenthümliche quadrillirte Streifung, sondern auch die dunklen Kreise (mit weißer Binnenfläche), welche in der Richtung der Streifen ungleichmäßig vertheilt sind, sich deutlich erkennen lassen.

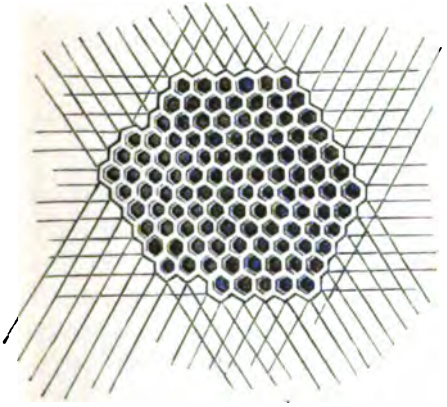
Für Mikroskope, an welche wissenschaftliche Anforderungen gestellt werden, sind die Kieselpanzer verschiedener Diatomeen — besonders Pleurosigma angulatum — als Prüfungsmittel im Gebrauche. Die Diatomeen sind Algen, deren Kieselpanzer durch größte Feinheit und Zierlichkeit sich auszeichnen. Meist sind sie symmetrisch gebaut, entweder rund, oder eckig, würfelförmig, in Gestalt von Tetraëdern, Stäbchen, kahnartigen Bildungen, Spindeln u. s. w. Die Schale besteht aus zwei Hälften, welche wie ein paar Schachteldeckel nebeneinander gelegt sind und häufig aneinander gefalzt erscheinen. Jede Schalenhälfte ist nun ihrerseits wieder mit einer besonderen Structur versehen: entweder der Länge nach gestreift oder der Quere nach, oder mit Längs- und Querstreifen ausgestattet. Diese Streifen sind oft so nahe bei einander, daß unsere besten Mikroskope eben ausreichen, um zwei

nebeneinander liegende Streifchen von einander zu trennen. Die Streifung geht herunter bis zu $^1/_{10000}$ Millimeter Feinheit. Dieſe Kieſelpanzer kommen in zahlreichen Arten in den Handel, und ſind ſomit ohne weitere Umſtände als Prüfungsmittel zu erlangen. Am meiſten in Gebrauch ſtehen neben Pleurosigma angulatum Surinella gemma und Amphipleura pellucida.

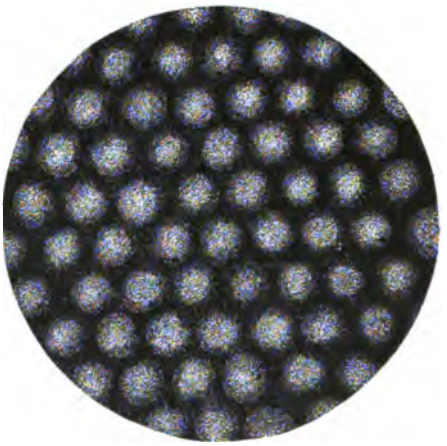


Pleurosigma angulatum. (Vergr. 700. Mikrophotographie von Meyer in Frankfurt a. M.)

Pleurosigma zeigt eine etwas geſchweifte Kahnform; in der Mitte des Körpers verläuft der Längsfalz, der central eine kleine Ausbuchtung hat. Bei 200facher Vergrößerung ſieht man den geſammten Körper fein ſchraffirt, es verlaufen feine Linien zum Theil quer, zum Theil gekreuzt gegen einander. Bei Anwendung von



Bisher angenommene Geſtaltung von Pleurosigma angulatum, die ſich als irrthümlich erwieſen hat.

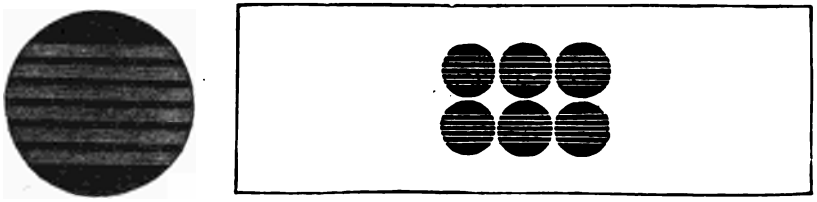


Kieſelpanzer von Pleurosigma angulatum. (Vergr. 6500. Nach Dr. Th. Stein.)

ſehr ſtarken Objectiven mit bedeutender Definitionskraft vereinigt ſich das Bild der Streifungen zu kleinen Figuren, welche ſich als Sechsecke darſtellen. Daß ſie — beiläufig bemerkt, gehört dieſe Abſchweifung nicht zum Gegenſtande der Mikroſkopprüfung — bislang als ſolche erkannt und von keinem Linſenſyſteme in ihre wahre Geſtalt aufgelöſt wurden, beweiſt, daß die Natur in ihren kleinſten Lebeweſen Geſtaltverhältniſſe ſchafft, die ſelbſt den ſchärfſten Inſtrumenten ſich entziehen. Durch

photographische Vergrößerung des mikroskopischen Bildes von Pleurosigma lösen sich nämlich die vermeintlichen Sechsecke in kleine ringförmige Figuren auf, deren Rand dunkler, deren Centrum heller erscheint, nach S. Th. Stein — dem wir diese Darlegung entnehmen*) — ein Beweis, daß die betreffenden Ringe in ihrer Natur eine Wölbung haben. Diese Wölbungen sind wahrscheinlich Verdickungen des Kieselpanzers. Es ist mithin durch die Photographie die Streitfrage positiv gelöst, daß die kleinen Interstitien zwischen den vermeintlichen Sechsecken Vertiefungen bilden.

Nach dieser Abschweifung kehren wir zu unserem Gegenstande zurück. Neben den natürlichen Prüfungsmitteln für die Leistungsfähigkeit der Mikroskope haben sich neuerdings auch künstliche allmählich eingebürgert. Es sind dies sogenannte Testplatten, von welchen die untenstehende Abbildung die Anordnung zeigt, wie sie vom Atelier Zeiß in Jena getroffen wird. Mit Hilfe dieser Platten lassen sich die Objective ausreichend auf ihre Definitionskraft prüfen und sie ermöglichen zugleich, diejenige Deckglasdicke zu bestimmen, für welche die beste Correction besteht. Sechs Deckgläser von genau bestimmter und an ihnen angegebener Dicke (0·009

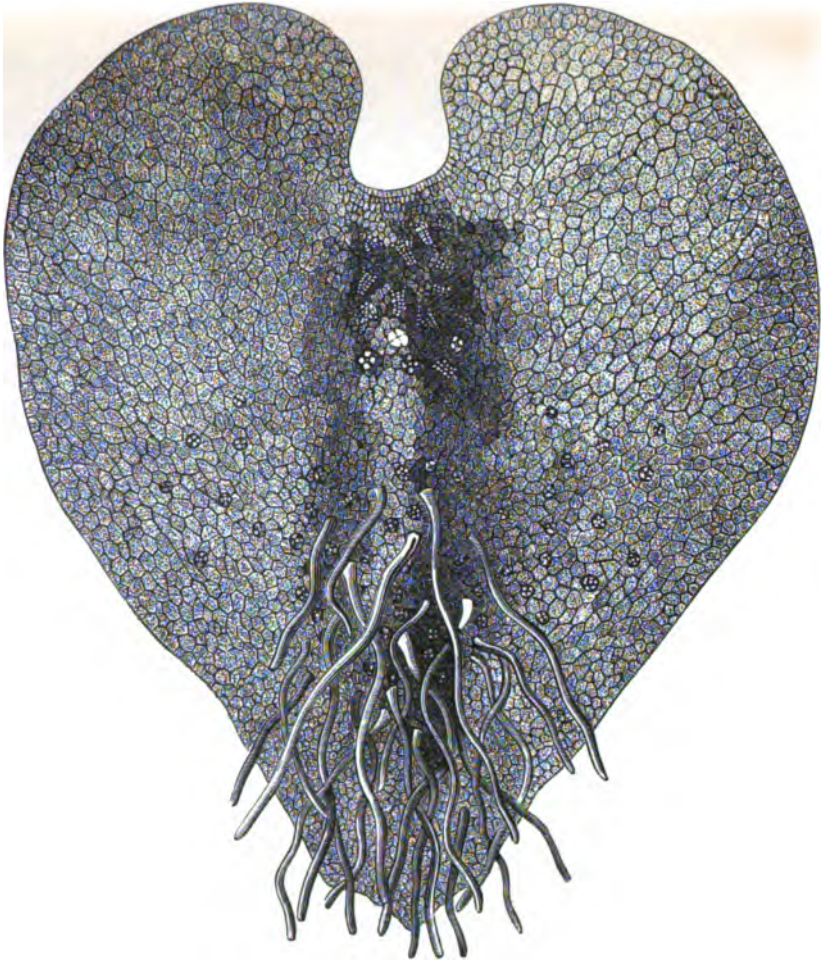


Testplatte.

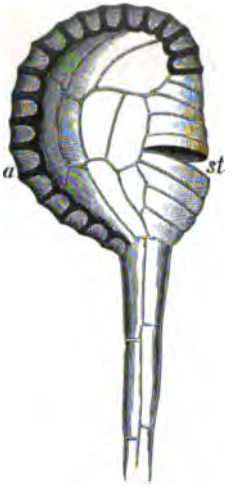
bis 0·24 Millimeter) sind neben einander auf einen Objectträger gekittet, an ihrer unteren Fläche versilbert und mit eingerissenen Linien versehen, deren zackige Contouren das Probeobject bilden. Beim Bezuge solcher Testplatten erhält man zugleich die Gebrauchsanweisung. Die Nobert'schen gravirten Glasplatten, deren technische Herstellung einen staunenerregenden Grad von Kunstfertigkeit erfordert (Theilungen bis 0·000125 Pariser Linien!!) sind sehr kostspielig und kommen mehr und mehr außer Gebrauch; letzteres wohl deshalb, weil die mit den jeweilig verwendeten Platten und dem betreffenden Mikroskop erlangten Prüfungsergebnisse nicht entscheidend für andere Platten, beziehungsweise andere Mikroskope sind. Dies rührt daher, weil die Liniengruppen der Platten — wozu die oben mitgetheilte unendliche Kleinheit der Theilung die Handhabe giebt — sich nicht absolut gleichwerthig herstellen lassen.

Ein sehr praktisches Verfahren, welches die vorstehend angegebenen Prüfungsmethoden in den meisten Fällen zu ersetzen geeignet ist, empfiehlt O. Zacharias, nämlich die Benützung einer kleinen Partie von Speichelkörperchen. Diese Kör-

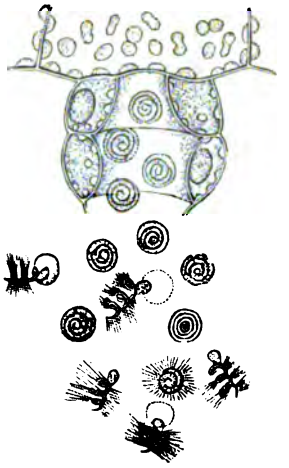
*) »Das Licht im Dienste wissenschaftlicher Forschung«, S. 274.



Unterseite eines Farnvorkeims (Prothallium) mit Antheridien und Archegonien (stark vergr.).



Sporenkapsel des Schildfarn (Aspidium Filix mas), a Ring. st Stomium (Mund). Vergr. 120.



Ein Antheridium eines Farnkrautes, die Spermatozoiden entleerend. (Vergr. 350.)

Ein Archegonium mit der Eizelle.

Mikroskopische Objecte.

perchen geben ein vorzügliches Object zur Prüfung der Definitionskraft der starken und selbst stärksten Systeme ab. Zeigt ein Mikroskop mit voller Deutlichkeit die Molecularbewegung im Innern solcher Speichelkörperchen, so ist dasselbe für die meisten wissenschaftlichen Untersuchungen mehr als genügend. Man wird übrigens selten in die Lage kommen, von Vergrößerungen Gebrauch zu machen, die einen so hohen Grad von Definitionskraft besitzen.

Sind die Bedingungen, welche an die Prüfung der optischen Einrichtung eines zu erwerbenden, beziehungsweise erworbenen Mikroskops gestellt werden, erfüllt, so kommt die Handhabung des Instruments als nächster Factor einer rationellen Schulung in Betracht. Daß der Anfänger mit einer gewissen Unsicherheit an sein Mikroskop herantritt, in den Handgriffen und sonstigen Manipulationen ungeschickt verfährt, liegt in der Natur der Sache. Aber das Alles schwindet innerhalb kürzester Zeit, da auch hier die allmählich erlangte Uebung, individuelle Geschicklichkeit und ein gewisses Maß von Hausverstand die Sicherheit und das Selbstvertrauen fördern, wie bei jeder anderen Beschäftigung.

Zu den Hantirungen, welche eine gewisse Geschicklichkeit erfordern, gehört zunächst das Einstellen des Objectivs. Hat man irgend ein Präparat (man erwirbt in der Regel ganze Serien derselben gelegentlich des Mikroskopankaufes) auf den Objecttisch gelegt, und zwar so, daß derjenige Theil des Objectträgers, auf welchem das Präparat sich befindet, genau über den Tischausschnitt zu stehen kommt, so bewirkt man die grobe Einstellung durch Tubusschiebung (beziehungsweise durch Zahn und Trieb), bis ein annähernd deutliches Bild sich ergiebt. In der Regel wird sich der Anfänger viel zu lange bei der groben Einstellung aufhalten, indem er sich redlich abmüht, die erforderliche deutliche Sichtbarkeit des Bildes zu erzielen. Er verfügt eben noch nicht über die Erfahrung, daß bei einer so groben Einstellung, wie es die Tubusschiebung mit sich bringt, jede Handbewegung ein Hinausschießen über das Ziel, sei's nach abwärts, sei's nach aufwärts, hervorruft. Es ist daher zu empfehlen, sich bei der groben Einstellung nicht zu peinlich zu verhalten. Die feinere Einstellung ist dann eine Sache, die sich ganz von selbst ergiebt. Sie erfolgt, wie wir wissen, mittelst der Mikrometerschraube. Ist auf diese Weise ein vollkommen scharfes Bild erzielt worden, so kann man noch des Guten mehr thun, indem man mittelst des Spiegels eine möglichst gute Beleuchtung hervorruft. In der Regel wird, noch ehe man das Präparat auf den Objecttisch gelegt hat, durch einen Blick in das Mikroskop und Drehung des Spiegels diejenige Stellung des letzteren ermittelt, welche das meiste Licht ergiebt. In allen Fällen ist dies nicht nothwendig, da viele zu beobachtende Gegenstände, sofern sie — was die Voraussetzung ist — durchsichtig oder stark durchscheinend sind, in zu greller Beleuchtung in Bezug auf die Deutlichkeit des Details verlieren. Da alle besseren Mikroskope einen mit ihren Rückseiten auf einander gelegten Doppelspiegel — Plan- und Concavspiegel — besitzen, läßt sich die Lichtmenge (welche ja hauptsächlich vom Außenlicht abhängig ist) entsprechend reguliren.

Es erscheint ganz selbstverständlich, daß man das Licht so sucht, wie es am zweckmäßigsten und bequemsten zu erlangen ist, nämlich mit dem Gesichte gegen das Fenster. Seitlich einfallendes Licht ist ganz unbrauchbar, da die Strahlen schief auf den Spiegel auffallen und wieder seitlich reflectiren, so daß fast gar kein Licht nach der Seite des Objectes hin gelangt. Auch directes Sonnenlicht ist für mikroskopische Untersuchungen ungeeignet, es wäre denn, daß man polarisirten Lichtes nöthig hätte. Bei opaken (undurchsichtigen) Gegenständen wird, wie selbstverständlich, das vom Spiegel in das Mikroskop reflectirte Licht nicht nur nicht wirksam, sondern es stört sogar in hohem Grade. Die Gegenstände werden dann noch dunkler und undeutlicher, während das um sie ausgebreitete Licht blendet.

Undurchsichtige Gegenstände bedürfen daher eine andere Art der Beleuchtung, nämlich mittelst auffallenden Lichtes. Das Spiegellicht muß hierbei natürlich abgeblendet werden, was am besten mittelst eines Stückchen schwarzen Papiers geschieht. Bei kleinen Instrumenten, welche nur einen Planspiegel haben, dreht man die schwarze Rückseite gegen den Ausschnitt im Objecttische.

Bei allen diesen Hantirungen ist es ein Erforderniß, daß die Finger der einen Hand unausgesetzt an der Mikrometerschraube verweilen. Das scheinbar hilflose, störende Herumtasten hat sich der Anfänger so bald als möglich abzugewöhnen. In allen seinen Manipulationen walte Ruhe und Sicherheit. Man kann sich diese ersten und elementarsten Vorbedingungen am besten dadurch erwerben, wenn man die Probe-Untersuchungen mit durchsichtigen Präparaten mit wechselnder Lichtintensität beginnt, sodann auf opake und schließlich auf Gegenstände übergeht, die man spontan unter das Mikroskop legt, die also keine Präparate sind. Die Beobachtung durchsichtiger Präparate erfordert, sofern man sich mit dem erforderlichen Maß der Beleuchtung zurecht gefunden hat, den geringsten Grad von Geschicklichkeit. Etwas schwieriger schon ist die Sache bei den opaken Gegenständen, deren mikroskopische Wirkung O. Zacharias trefflich mit der der sogenannten »Lichtbilder« — halbplastischen Darstellungen auf dünnem Porzellan, deren Körperlichkeit in die Erscheinung tritt, wenn man sie gegen das Licht hält — vergleicht. Die dünneren Stellen des opaken Präparates zeigen sich heller, die dickeren dunkler — ganz so wie bei den Lichtbildern. Dazu kommt, daß die wechselnde Dicke des Mediums Brechungen und Ablenkungen des Lichtes verursacht, welche scharf controlirt werden müssen, soll sich beim Beobachter nicht eine ganz falsche Vorstellung von dem untersuchten Bilde festsetzen.

Gegenstände von körperlicher Beschaffenheit eignen sich ganz vorzüglich dazu, um die Hand, welche mit der Mikrometerschraube manipulirt, sozusagen zu »disciplíniren«. Da nämlich ein solcher Gegenstand (z. B. ein Sandkorn, ein kleines Scheibchen, das man von einem Zündhölzchen abschneidet, eine Pflanzenfaser, ein winziges Insect u. s. w.) nach erfolgter Einstellung des Objectivs auf die demselben zugekehrte Fläche nur von dieser letzteren ein deutliches Bild abgiebt, während die unteren Partien an Undeutlichkeit und Verschwommenheit zunehmen,

je näher sie gegen den Objectträger hin liegen, muß der Tubus mehr und mehr hinabgesenkt werden, um auf diese Weise nacheinander alle Theile klar wahrnehmen zu können. Selbstverständlich nimmt die Deutlichkeit der oberen Partien in dem Maße ab, als die unteren an solchen gewinnen. Die größte Deutlichkeit herrscht immer in einer Ebene vor, welche parallel zum Objecttisch zu denken ist. Da nun ein solcher körperlicher Gegenstand niemals in seiner ganzen plastischen Gestalt in die Erscheinung tritt, sondern gewissermaßen in parallele (horizontale) Sectionen zerlegt, wird man das Spiel mit der Mikrometerschraube, d. h. das Senken und Heben sehr oft wiederholen müssen, um schließlich eine befriedigende Vorstellung von der mikroskopischen Beschaffenheit des beobachteten Gegenstandes zu erhalten. Geduld und Exactheit werden auf diese Weise trefflich geschult, das richtige Verständniß für den Werth der Vergrößerung wird sich mehr und mehr festigen, das Auge an längeres, aufmerksames Schauen gewöhnen, kurz eine gewisse Beweglichkeit des Wahrnehmungsvermögens sich einstellen.

Für die erste Zeit der Schulung in der Mikroskopie empfiehlt es sich, nur bei Tageslicht zu arbeiten. Man hat stets darauf zu achten, daß das Außenlicht möglichst vortheilhaft, d. h. reichlich nach dem Beobachtungsort gelange, wo sodann seine Helligkeit nach Bedarf in der angegebenen Weise regulirt wird. Wie man in speciellen Fällen sich zu verhalten haben wird, muß der Geschicklichkeit des Einzelnen überlassen bleiben.

Das bequemste Arrangement ist, einen geräumigen, mit allen nothwendigen Utensilien ausgerüsteten Tisch in die Fensternische dicht heranzustellen. Der Tisch soll jedoch nur eine mäßige Breite haben, damit das Instrument nicht zu weit vom Fenster weg zu stehen komme. Ist die Beleuchtung ungünstig, so wird man auf den Tisch verzichten und das Instrument auf das Fensterbrett stellen müssen. Man ist aber in diesem Falle im Arbeiten sehr behindert. Auch ergiebt sich zuweilen die Nothwendigkeit, das Instrument durch Unterlagen (eine Anzahl Bücher oder die Cassette des Mikroskops) höher zu stellen.

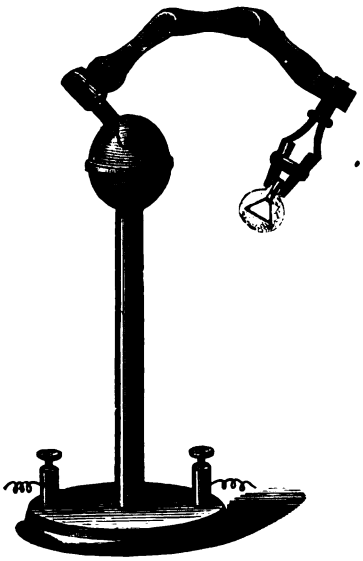
Wenn nun auch die natürlichen Lichtquellen für die mikroskopische Beobachtung die zweckmäßigsten und geeignetsten sind, weil sie — was ganz besonders bei Anfängern von Wichtigkeit ist — unvermeidliche optische Täuschungen auf ein Minimum reduciren, wird ein fleißiger, dabei geübter Mikroskopiker dennoch vielfach zu künstlichen Lichtquellen greifen müssen. Mitunter trifft es sich, daß eine angestellte Untersuchung mit dem Eintritte der Dämmerung oder einem anderen die Lichtfülle paralysirenden Zwischenfalle (Heraufziehen eines Gewitters ꝛc.) unter keiner Bedingung unterbrochen werden darf, soll nicht die ganze mühevolle Arbeit vieler Stunden durch den fehlenden Abschluß, welcher meist erst ein Endurtheil über die gemachte Beobachtung ermöglicht, verloren gehen. In solchen Fällen also sind die künstlichen Lichtquellen ganz unentbehrlich. Sie sind aber auch zu allen Zeiten sehr nützlich, insbesondere in den kurzen Wintertagen, welche die Arbeitszeit im Tageslichte sehr abkürzen.

Kerzenlicht eignet sich nicht, wenigstens zu genaueren Untersuchungen nicht. Dagegen kann man sich des Petroleumlichtes mit Vortheil bedienen, wenn man hierzu kleine Lämpchen verwendet und in irgend einer Form einen Lichtschirm anbringt, der einen concentrischen Einfall der Strahlen auf dem Reflexspiegel bewirkt. Da es aber höchst störend ist, wenn durch zufälliges Verrücken des Instrumentes die günstige Beleuchtung unterbrochen wird und da überdies mit dem jedesmaligen Neu-Arrangement Zeit verloren geht, empfiehlt sich die Anordnung, wie sie nachstehend abgebildet ist. Instrument und Lichtquelle befinden sich auf einer gewöhnlichen Untertasse und bilden so ein zusammenhängendes Ganzes, das man beliebig stellen und wenden kann.

Einfache Beleuchtungs-Vorrichtung.

Gewöhnliche Tischlampen, sodann Gasflammen nützt man in der Weise aus, wie dies vielfach in der gewerblichen Arbeit geschieht, nämlich durch Einschaltung einer in einem eisernen Gestelle ruhenden und mit Wasser gefüllten Glaskugel von etwa Kegelkugelgröße. Die Lichtstrahlen vereinigen sich sodann nach ihrem Austritte aus der Kugel (wie bei einem Brennspiegel) zu einem intensiv hellen Punkte, beziehungsweise Flecke, den man auf den Reflexspiegel fallen läßt. Seitdem die Elektrotechnik so einschneidend in alle wissenschaftlichen und andere Thätigkeiten eingegriffen hat, konnte das elektrische Licht selbstverständlich auch für die Zwecke der Mikroskopie nicht unbeachtet bleiben. Kleine Glühlämpchen eignen sich ganz vorzüglich zu diesem Zwecke, insbesondere dann, wenn man ihnen die Ausstattung einer Studirlampe giebt, wie dies in nebenstehenden Figuren ersichtlich gemacht ist.

Für sehr sorgfältige Untersuchungen aber müssen die betreffenden Mikroskope förmlich für elektrische Beleuchtung eingerichtet werden, was in der Weise geschieht, daß die Lichtquelle mit dem Instrumente unmittelbar verbunden ist. Das einfachste Verfahren hierbei ist, daß man die Glühlichtlampe direct an Stelle des Mikroskopspiegels anbringt. Will man auch auffallendes Licht benützen, so wird ein zweites Lämpchen an Stelle des betreffenden Beleuchtungsapparates justirt. Diese Lämpchen sind mit Charnieren versehen, so daß man dieselben nach jeder Richtung hin verstellen und zu den optischen Gläsern des Instrumentes, je nachdem man concentrirtes, diffuses oder paralleles Licht haben will, durch Vor- und Zurückschieben in bestimmte Lageverhältnisse bringen kann. Die Lämpchen werden von einer Bichromat-Tauchbatterie genährt. Abbildung Seite 63 zeigt ein Mikroskop in der elektrotechnischen Ausrüstung nach Hofrath S. Th. Stein. An die Lämpchen kann man, wie dies bei E ersichtlich ist, noch kleine, innen polirte Reflectoren anbringen, so daß das Licht der weißglühenden Platina- oder Kohlenfäden auf das Object concentrirt wird.



Elektrische Lampe mit Gelenkführung.

Elektrische Lampe.

Bei der mikroskopischen Technik stellte sich im Verlaufe der jüngsten Zeit das Bedürfniß ein, die zu untersuchenden Objecte bei gewissen Wärmegraden zu prüfen. Man hatte zu diesem Zwecke sogenannte heizbare Objecttische construirt, indem man auf den Objecttisch des Mikroskopes eigenthümlich knieförmig gebogene metallische Platten auflegte, die durch ein benachbartes Spirituslämpchen erwärmt wurden. Einige Forscher benützen nach ihren Angaben hergestellte durchbohrte Blechdosen, die unter dem Tische des Mikroskopes angeschraubt werden, und zwar derart, daß die Bohrung dem Sehloche des Objectes entspricht. Durch diese Blechdosen wird mittelst einer Schlauchvorrichtung fortwährend warmes Wasser von bestimmtem Wärmegrade durchgelassen.

Das Zeiß'sche Atelier in Jena hat eine eigene Heizvorrichtung nach den Angaben Pfeiffer's zusammengestellt, welche auf Seite 62 abgebildet ist. Es hat sich nämlich ergeben, daß die bisherigen zu diesem Zwecke gebräuchlichen

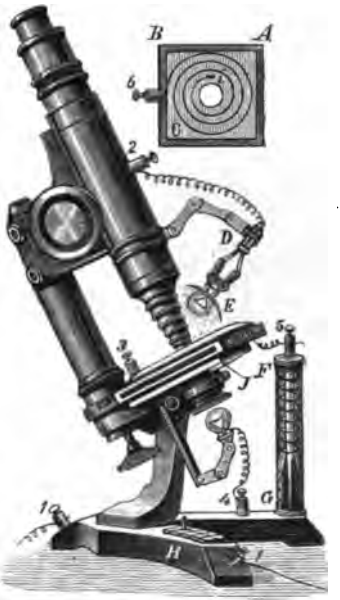
Vorrichtungen den Beobachter in Zweifel lassen, ob die Temperatur, auf welche das Object erhitzt worden ist, der am Thermometer abgelesenen auch thatsächlich entspricht. Hierüber giebt die Pfeiffer'sche Vorrichtung volle Sicherheit, da sie gestattet, das Object zugleich mit dem ganzen Stativ und der es umgebenden atmosphärischen Luft auf einen bestimmten Temperaturgrad zu bringen und darauf zu erhalten. Die Vorrichtung besteht aus einem das ganze Stativ umgebenden Mahagonischrank, welcher das erstere nahezu luftdicht umgiebt. Die vordere Wand hat ein Glasfenster für den zum Beobachten nöthigen Lichteinfall. Die linke und die rechte Wand (vom Beobachter aus) haben je eine gut schließende Klappe als Zugang für die Hände zum Bewegen des Präparates. Das Ganze steht auf einer dicken Metallplatte mit drei Metallfüßen. Die Heizung erfolgt durch Erwärmung der Platte von unten mittelst eines Mikrobrenners, zu welchem der Gaszufluß durch Thermostat regulirt wird. Die Controle der Lufttemperatur im Inneren erfolgt durch den beigegebenen Thermometer. Heizungen bis auf 45° C. können ohne Schaden für das Mikroskop vorgenommen werden.

Heizvorrichtung.

Bei dem weiter oben erwähnten Steinschen Mikroskop mit elektrischer Glühlichtbeleuchtung wird die Erwärmung durch eine Widerstandsspirale herbeigeführt. Der Tisch des Mikroskops besteht aus zwei aneinander genieteten, etwa 2 Millimeter von einander abstehenden planparallelen Platten (J), zwischen welchen der separat abgebildete Rahmen A B C eingeschoben werden kann. Der Rahmen trägt einen spiralig aufgewundenen, langen Neusilberdraht (i), welcher sich beliebig erwärmen läßt, je nach der Quantität und Intensität des Stromes, welcher denselben durchfließt. Auf diese Art wird in bequemster Weise und in möglichst genauen Temperaturgraden die Erwärmung des heizbaren Objecttisches vorgenommen. Die Graduirung des, die Platinspirale durchfließenden Stromes wird mittelst Rheostat, um verschiedene Wärmegrade zu erhalten, regulirt. Soll das Object selbst, während ein irgendwie gearteter elektrischer Strom durch dasselbe hindurchgeht, wie dies z. B. bei Untersuchung von Muskelfasern, von Nerven ꝛc.

der Fall sein kann, untersucht werden, so ist auch hierfür durch eine geeignete Vorrichtung gesorgt.

Betrachten wir nun die Gesammtanordnung des mehrerwähnten Stein'schen Mikroskopes.*) Wir begegnen den weiteren Vorrichtungen bei H — einer Stöpselschaltung — und bei F G obigem Spiral-Rheostaten. Die Stöpselvorrichtung hat den Zweck, den Strom nach verschiedenen Richtungen hin gleichzeitig oder getrennt zu leiten. Der positive Draht wird bei 1 beigeschaltet, während die negative Leitung bei 7 zum Mikroskope tritt. Durch die Klemmschraube 1 wird der Strom der gesammten Metallmasse des Mikroskopes zugeleitet, während die von Klemmschraube 7 abgehende Leitung durchaus isolirt ist. Dieselbe geht durch den Stöpselumschalter H hindurch und von hier durch den Rheostaten weiter und verbindet sich mit den verschiedenen, an der Abbildung ersichtlichen Klemmschrauben 2 bis 6. — 2 und 4 führen zu den beiden angebrachten Lämpchen, während eine nach 3 führende Leitung dazu dient, einen Strom direct für den Objecttisch abzugeben, um die zu untersuchenden Präparate durch besondere Zuleitung mit dem Strome zu versehen. Alles Uebrige ergiebt sich von selbst aus der Abbildung. Auch an schon vorhandenen Mikroskopen kann man die betreffenden Einrichtungen leicht anbringen lassen.



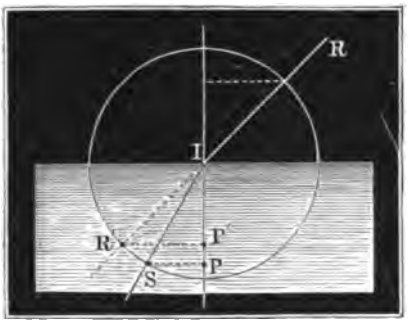
Mikroskop mit elektrischer Glühlicht-Beleuchtung und elektrisch heizbarem Objecttisch. (Nach Stein.)

Bei Beobachtung solcher Objecte, welche im trockenen Zustande nur wenig durchsichtig sind, dagegen in Wasser, Oel, Weingeist u. dgl. getaucht, an Durchsichtigkeit gewinnen, sollte man nie verabsäumen, diese Eigenschaft der betreffenden Objecte sich zu Nutze zu machen. Es muß aber darauf aufmerksam gemacht werden, daß die beabsichtigte Wirkung der Zusatzflüssigkeit nur in dem Falle eintritt, wenn diese der Substanz der Objecte in Bezug auf das Lichtbrechungsvermögen näher steht als Luft; d. h. ein Gegenstand wird um so durchsichtiger, je näher der Brechungsexponent der Flüssigkeit mit seinem eigenen übereinkommt. Bei gleichen Brechungsexponenten tritt fast vollständige Durchsichtigkeit ein, wodurch die betreffenden Gegenstände zur Untersuchung untauglich werden. Man wird daher bei einem und demselben Objecte mehrere Zusatzflüssigkeiten zu erproben haben, um mit voller Sicherheit die beabsichtigte Wirkung zu erreichen. Hierbei wird sich vielfach die interessante Thatsache ergeben, welche man in allen ähnlichen Fällen entsprechend

*) »Das Licht im Dienste wissenschaftlicher Forschung«, S. 216 ff.

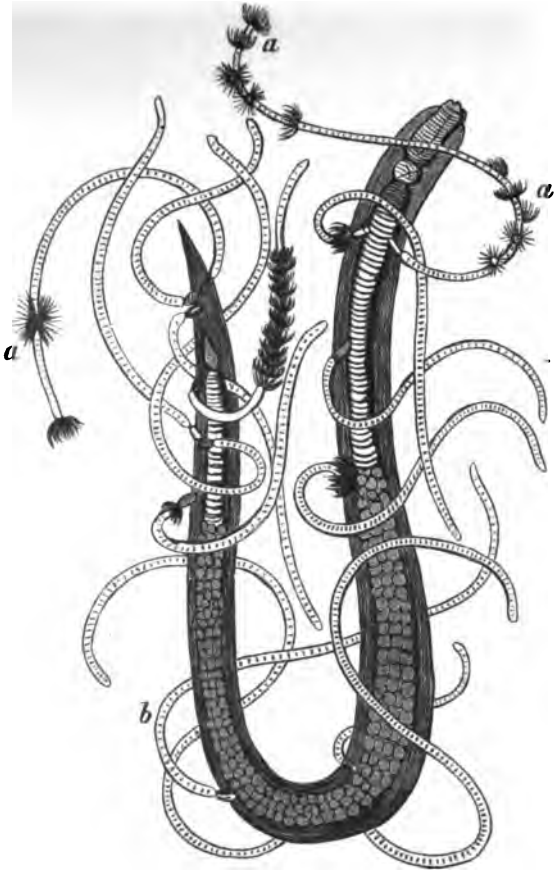
verwerthen kann, daß die Details eines Gegenstandes sich zu den verschiedenen Flüssigkeiten verschieden verhalten, indem die eine die Hüllen (Membranen), die andere den Inhalt (Körnchen u. dgl.) durchsichtiger gestaltet, so daß man abwechselnd Einblicke in mitunter ganz merkwürdige Structurverhältnisse gewinnt.

Was unter den Brechungsexponenten zu verstehen ist, dürfte wohl allgemein bekannt sein. Trotzdem erscheint es am Platze, den betreffenden Lehrsatz hier in Erinnerung zu bringen: Beim Uebergange aus einem bestimmten, brechenden Mittel in ein zweites bestimmtes Mittel steht der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels in einem bestimmten Verhältnisse, welches man den Brechungsexponenten nennt. (Man nennt Sinus eines Bogens die Senkrechte, welche aus dem Endpunkte des Bogens auf den durch den Anfangspunkt gehenden Durchmesser gefällt wird. Diese Senkrechte ist auch zugleich der Sinus des Winkels, dessen Maß der Bogen ist.) Kennt man somit den Weg eines Lichtstrahles beim Uebergange aus einem Mittel in ein zweites, so ist leicht einzusehen, daß der Strahl beim Uebergange aus dem zweiten in das erste Mittel den umgekehrten Weg einschlagen muß. Wie man den Weg des gebrochenen Strahles construiren muß, wollen wir durch die beistehende Figur klarlegen. . . . Trifft der Strahl RI die Wasserfläche in I, so beschreibt man mit beliebigem Radius einen Kreis um I, welcher die Verlängerung des Strahles in R' schneidet, und fällt von R' auf das durch I gelegte Loth die Senkrechte R'P'. Die Länge von R'P verkürze man nach dem Verhältnisse des Brechungsexponenten, also beim Uebergange aus der Luft in Wasser fast genau im Verhältniß von 4 : 3 und suche auf dem Kreisumfange einen Punkt S, dessen Abstand vom Lothe SP dieser verkürzten Linie gleich ist — was sich durch Construction eines Rechteckes sehr leicht ausführen läßt — so ist IS die Richtung des gebrochenen Strahles. Käme umgekehrt aus dem Wasser ein Strahl in der Richtung SI, so wird derselbe in der Luft in der Richtung IR weiter gehen: beim Uebergange aus Luft in Wasser wird daher der Strahl dem Einfallslothe zugebrochen, beim umgekehrten Wege dagegen von ihm abgelenkt.

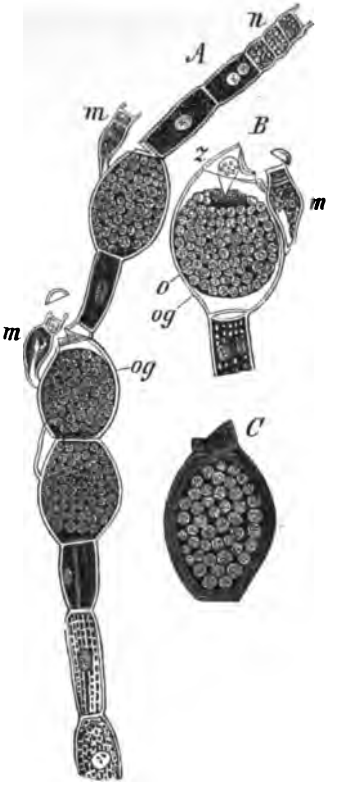


Brechungsgesetz.

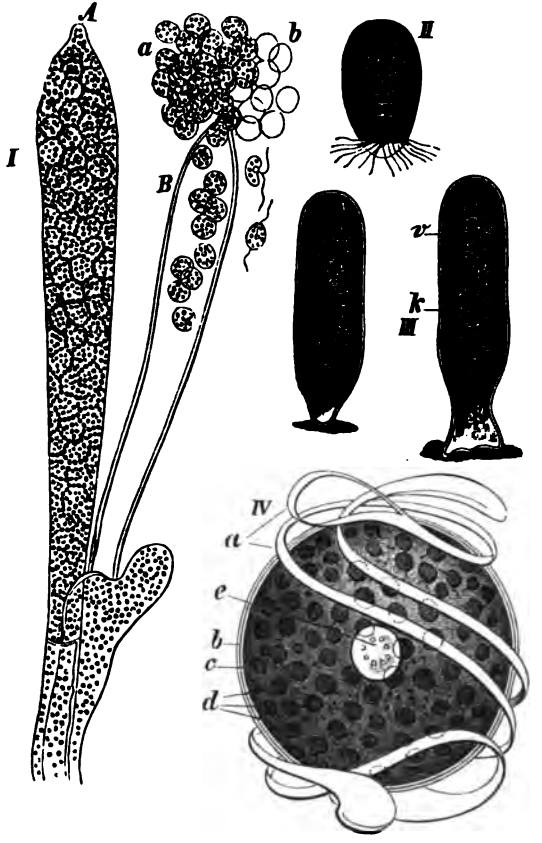
Beim Uebergange eines Lichtstrahles aus Luft in Wasser stellt sich das Verhältniß des Brechungsexponenten, wie wir gehört haben, wie 4 : 3. Beim Uebergange aus Luft in Glas stellt sich dieses Verhältniß wie 3 : 2. In neuerer Zeit erkannte man, daß der Brechungsexponent dem Verhältnisse der Lichtgeschwindigkeit in den betreffenden beiden Medien gleich ist. Der Brechungsexponent des Glases für einen aus Luft in dasselbe eintretenden Strahl = $^3/_2$ gesetzt, heißt so viel, daß die Geschwindigkeit der Lichtwellen in Glas nur $^2/_3$ von derjenigen ist,



Spulwurm im Magen des Tausendfüßlers, auf welchem kleine Pflänzchen schmarotzen (b), die ihrerseits noch kleineren pflanzlichen Parasiten (a) ein Unterkommen bieten. (Nach Leidy.)



A mittlerer Theil eines geschlechtlichen Fadens von Oedogonium ciliatum; n Antheridien, og befruchtetes Oogonium mit Zwergmännchen m. (Vergr. 250.) — B Oogonium derselben Pflanze, stärker vergrößert im Augenblicke der Befruchtung; o Befruchtungskugel; m Zwergmännchen, in welchem der Samenkörper z entstand. — C reife Eispore derselben Pflanze.



I Bildung der Schwärmsporen einer Aechlya. A die Mutterzelle der Schwärmsporen noch geschlossen; B geöffnet und die Schwärmsporen (a b) entlassend. (Vergr. 500.) — II Schwärmspore aus Oedogonium mit Flimmerhaaren. — III aus derselben hervorgegangenes kleines Pflänzchen; k Zellkern, v mit wässeriger Flüssigkeit erfüllter Hohlraum. — IV Reife Spore von Equisetum arvense (Ackerschachtelhalm) im Wasser liegend; a äußere, b mittlere, c innerste Sporenhaut, d Chlorophyllkörner, e Zellkern. (Vergr. 700.)

mit der sie sich in der Luft fortpflanzen. Der Brechungsexponent für Luft in Wasser ist daher $^4/_3$. Schwefelkohlenstoff hat gegen Luft einen Brechungsexponenten von $^5/_3$, Weingeist einen solchen von $^8/_5$ u. s. w.

Die Zusatzflüssigkeit wird derart angewendet, daß man einen Tropfen davon auf das betreffende Object bringt, wodurch dieses von ersterer bedeckt, beziehungsweise durchdrungen wird. Von den im Nachfolgenden besprochenen Flüssigkeiten ist das Wasser das gewöhnliche, doch darf dasselbe selbstverständlich nur in dem Falle angewendet werden, wenn es nicht auflösend auf das Object wirkt. Ferner hat man zu beachten, ob eine Zusatzflüssigkeit eine etwa endosmotische Wirkung auf den zu untersuchenden Gegenstand ausübt. In diesem Falle würden Quellungen entstehen, welche — wenn dies in höherem Maße geschieht — das Präparat destructiv beeinflussen, so daß ein falsches Bild gewonnen wird. So wirkt beispielsweise Glycerin zwar stark lichtbrechend, aber ebenso kräftig endosmotisch; Weingeist hat gleichfalls einen höheren Brechungsexponenten als Wasser, wirkt nicht endosmotisch, zerstört aber in frischen Geweben die Eiweißstoffe. Terpentinöl wieder, das einen noch höheren Brechungsexponenten als Weingeist besitzt, paralysirt die fettigen Bestandtheile, so daß diese aus dem Präparate gänzlich verschwinden. Mit Oelen muß man übrigens schon aus dem Grunde vorsichtig umgehen, weil sie eine zu intensive Aufhellung hervorrufen, was in den seltensten Fällen wünschenswerth ist. Praktische Mikroskopiker empfehlen ferner Zuckerwasser, Kochsalz- oder Chlorcalciumlösung.

Aus dem Mitgetheilten geht hervor, daß nur auf dem Wege geduldigen Experimentirens jene praktische Erfahrung gewonnen werden kann, welche über das Zweckmäßige bei jeder vorzunehmenden Manipulation entscheidet. Allgemeine Regeln lassen sich kaum aufstellen, da die Zahl und Eigenart der Gegenstände, welche einer mikroskopischen Untersuchung unterzogen werden können, fast unübersehbar ist. Um so größere Freude wird der Anfänger in der Mikroskopie empfinden, wenn er ganz selbstständig durch fleißiges Experimentiren irgend ein günstiges Ergebniß zu verzeichnen hat, womit natürlich nicht gesagt sein will, daß er etwa eine — Entdeckung gemacht. Ueberdies wird es wohl nur ganz vereinzelte Fälle geben, daß ein Mikroskopiker — ob nun ein fortgeschrittener oder ein am Anfange seiner Studien stehender — gänzlich auf sich selbst oder die betreffenden Hilfsbücher angewiesen ist. Die Regel wird wohl die sein, daß Freunde der naturwissenschaftlichen Forschung in mehr oder minder lebhaftem Verkehr stehen und dadurch in die Lage kommen, ihre Erfahrungen gegenseitig auszutauschen, Rathschläge zu ertheilen, falsche Voraussetzungen zu berichtigen, kurz: sich wechselseitig in ihrem Streben zu unterstützen. Auch der Besuch von Vorlesungen mit Demonstrationen, der Laboratorien (wo dies zulässig), der einen oder anderen naturwissenschaftlichen Versuchsanstalt ist warm zu empfehlen. Bei ernstem Streben werden sich unschwer Beziehungen zu Fachmännern und Gelehrten ergeben, auf deren Empfehlung hin man sich leicht Eingang in das Sanctuarium eines Berufs-Mikroskopikers wird verschaffen können,

von der unmittelbaren Anregung, die ein solcher Verkehr von selbst ergiebt, ganz abgesehen.

Nach dieser kleinen Abschweifung kehren wir wieder zu unserem Gegenstande zurück. In allen unseren bisherigen Mittheilungen, die Einschulung in den Gebrauch des Mikroskopes betreffend, war vorwiegend von den Einwirkungen des Lichtes und deren Beherrschung durch die gegebenen Hilfsmittel die Rede. Es stellt sich daher unwillkürlich die Frage ein, ob die mikroskopische Untersuchung nicht etwa von schädlichem Einflusse auf das Sehorgan sei. Die Antwort läßt sich nicht ohne weiteres positiv zutreffend geben, weil diesfalls — wie Alles was den Menschen betrifft — individuelle Beurtheilung nothwendig ist. Personen mit sehr geschwächtem Sehorgan sind, zumal dann, wenn sie für Lichtreize empfindlich sind, oder wenn anhaltendes Schauen auf sie ermüdend wirkt, für mikroskopische Beobachtungen untauglich. Im besten Falle werden sie ihre Schaulust befriedigen, nimmer aber spontan an lebenden Objecten Untersuchungen anstellen können, zumal dann, wenn dieselben ein gewisses Maß von Zeit erfordern. Sehr anstrengend wirken die mit der Mikroskopie verbundenen Manipulationen auf vollblütige Personen. Es stellen sich Blutandränge gegen den Kopf, in Folge dessen Flimmern vor den Augen, zuletzt Schwindel — Zustände, welche dem Betreffenden das Vergnügen mikroskopischer Studien gründlich verleiden werden.

Die organische Kurzsichtigkeit, welche von Geburt her erworben zu sein pflegt, bildet kein Hinderniß bei mikroskopischen Beobachtungen. Sehr treffend bemerkt in diesem Sinne Dr. O. Zacharias, daß, je näher Jemand (beim gewöhnlichen Sehen) die Objecte an seine Augen heranbringen kann, desto mehr wirken letztere an und für sich schon als Mikroskop. Aus diesem Grunde ist ein Kurzsichtiger im Allgemeinen zu mikroskopischen Arbeiten geschickter als ein Fernsichtiger.

Ein Gegenstand wird von dem Auge nur dann deutlich gesehen, wenn das Bild desselben genau auf die Netzhaut fällt. Bekanntlich entfernt sich das Bild eines Gegenstandes um so mehr von der Linse, je näher die letztere herankommt. Da nun das Auge wie eine Linse wirkt, wäre es folgerichtig, daß wir nur in einer bestimmten Entfernung die Gegenstände deutlich sehen könnten. Dem ist aber nicht so, vielmehr zeigt die Erfahrung, daß ein normales Auge die Gegenstände in verschiedener Entfernung deutlich erkennen kann, woraus wir den Schluß ziehen, daß das Auge die Fähigkeit besitzt, sich zum deutlichen Sehen von verschiedenen Entfernungen anzupassen, zu accommodiren. Das Accommodationsvermögen des Auges ist aber kein unbeschränktes. Es giebt für jedes Auge ein Minimum der Entfernung, über welches hinaus man die Gegenstände nicht nähern darf, wenn sie noch scharf und deutlich sichtbar sein sollen. Nähert man nämlich einen Punkt dem Auge noch mehr, so kann dasselbe die von diesem Punkte ausgehenden Strahlen nicht mehr auf der Netzhaut vereinigen, den Punkt also selbst nicht mehr deutlich sehen, da statt desselben ein Zerstreuungskreis entsteht. Der am nächsten gelegene

Punkt, bei welchem dies noch möglich ist, heißt der Nahepunkt. Bei normalem Auge ist er etwa 10 bis 15 Centimeter entfernt. Dem entsprechend nennt man den Fernpunkt den am weitesten entfernten Punkt, dessen Strahlen das Auge noch auf der Netzhaut vereinigen kann. Die Strecke zwischen Nahepunkt und Fernpunkt heißt das Accommodationsgebiet. Innerhalb desselben liegt der Punkt, dessen Abstand vom Auge die deutliche Sehweite genannt wird. Bei einem normalen Auge ist sie im Mittel etwa auf 25 Centimeter anzusetzen.

Neben der Kurzsichtigkeit und der Weitsichtigkeit ist noch die sogenannte Uebersichtigkeit zu erwähnen, welche häufig im vorgerückten Alter sich einstellt. Man versteht darunter das Unvermögen, Gegenstände, die näher als 21 Centimeter liegen, genau zu unterscheiden. Der Grund dieses Fehlers liegt in dem Mangel, daß das Auge keine Accommodationsfähigkeit besitzt, während bei der Weitsichtigkeit die Accommodationsfähigkeit gar nicht ins Spiel kommt, sondern nur die zu geringe Brechkraft des Auges als Ursache auftritt.

Da nun mit der Bewaffnung des Auges — wie dies beim Gebrauche des Mikroskopes der Fall ist — die Accommodationsfähigkeit auf eine künstlich geschaffene Basis gestellt wird, hat es der Mikroskopiker in der Hand, das Object, das er beobachtet, in diejenige Entfernung zu bringen, die seinem Sehvermögen entspricht. Die Mikrometerschraube ist diesfalls also der Regulator der Sehweite.

Etwas anders verhält es sich mit der scheinbaren Größe der Gegenstände. Wie man weiß, hängt dieselbe von der Größe des Netzhautbildes ab, und wird die Größe eines auf der Netzhaut entstehenden Bildchens durch den Gesichtswinkel bestimmt. Zieht man nämlich von den Endpunkten eines Bildes der Netzhaut Linien nach den Endpunkten des Gesichtsobjectes, so schneiden sich dieselben im Kreuzungspunkte der Richtungslinien unter einem Winkel (x), den man eben den Sehwinkel nennt. Die Größe des Sehwinkels steht zur Größe des Netzhautbildes stets in einem proportionalen Verhältnisse. Gegenstände, die unter gleichem Gesichtswinkel erscheinen, haben scheinbar gleiche Größe (A, B, C, D). Unser Urtheil über die wahre Größe eines Objectes ist ein durch Uebung und Erfahrung erworbenes, worin wir durch die anderen Sinne, z. B. den Tastsinn, unterstützt werden.

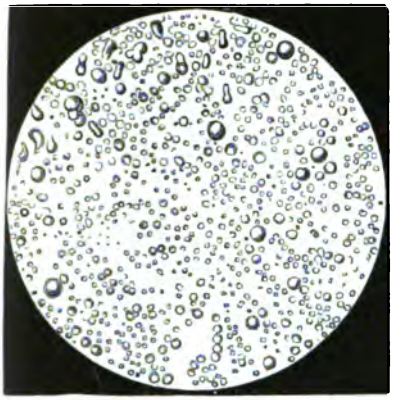
Beim mikroskopischen Sehen verhält es sich nun mit der scheinbaren Größe ganz anders. Hier erhalten die Gegenstände Dimensionen, welche ihnen von Natur aus nicht zukommen, so daß wir uns auch keine richtige Vorstellung von den reellen Maßen, die hier in die Erscheinung treten, machen können. Nichts täuscht daher mehr, als das Urtheil, welches wir beim Beobachten eines Objectes im Mikroskope über dessen scheinbare Größe abgeben, vorausgesetzt natürlich, daß wir das Vergrößerungsverhältniß des betreffenden Instrumentes nicht kennen. Beim Beobachten selbst ist es ganz unmöglich, hierin das Richtige zu treffen. Man kann dies auf folgende Weise erproben. Man betrachtet einen Gegenstand durch das Mikroskop und bestimmt dessen scheinbare Größe schätzungsweise in Centimetern. Alsdann hebt man das Auge so weit vom Ocular weg, daß man den Blick bald auf das Object

(durch den Tubus), bald auf ein Stück Papier, das man neben den Fuß des Stativs gelegt hat, richten kann, und deutet die Endpunkte des scheinbaren Durchmessers des Objectes durch zwei Punkte oder kurze Striche an. Das Ergebniß wird sein, daß das im Gedanken festgehaltene scheinbare Maß und das auf letztere Weise erhaltene (annähernd) reelle Maß mehr oder weniger, meist aber sehr bedeutend differiren.

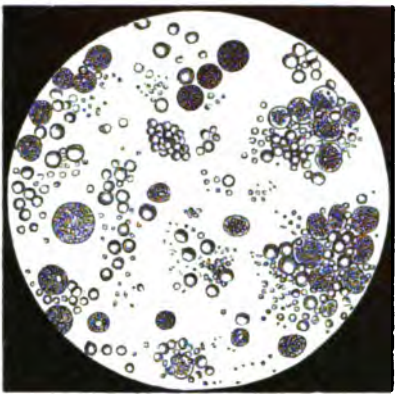
Da nun jedem Besitzer eines Mikroskopes das Maß der Vergrößerung desselben bekannt ist, erscheint es allerdings überflüssig, das Auge in solchen Abschätzungen zu üben. Bei der Beobachtung von Details wird dieses Verfahren indeß immerhin von Nutzen sein, da es eine gewisse Sicherheit des Urtheils herbeiführt und — was ganz besonders betont werden muß — das Streben, die Wahrheit zu ergründen, fördert. Diese Wahrheitsliebe wird freilich in noch ganz anderem Maße bethätigt, wenn man jedes Ergebniß seiner Untersuchungen strenge und wiederholt prüft und nur diejenigen Schlußfolgerungen zieht, die man aufrichtigerweise vertreten kann. Die einmal gewonnene Ueberzeugung kann freilich eine — Täuschung sein, aber diese wird Niemand einem ehrlichen Mikroskopiker zur Last legen.

Einer der größten lebenden Mikroskopiker — Prof. Robert Koch — weist darauf hin, daß alle Wahrheitsliebe nicht ausreicht, um gegen Zufälligkeiten, die das Urtheil trüben oder den wahren Sachverhalt verrücken, gefeit zu sein. Eine Verständigung über den gesehenen Gegenstand ist noch am ehesten ermöglicht, wenn die Beobachtung desselben mit einem und demselben Instrumente, also mit der gleichen Beleuchtung, mit demselben Linsensystem und bei derselben Vergrößerung stattfindet. »Wenn nun aber die vielen Bedingungen, unter welchen das mikroskopische Bild zu Stande kommt, verschieden sind; wenn z. B. der eine Beobachter mit einer engen, der andere mit einer weiten Beleuchtungsblende, der eine mit schwachem, der andere mit starkem Ocular u. s. w. seine Untersuchung vornimmt, oder wenn gar schon die Präparation und Färbung des Objectes ungleich sind; wenn dasselbe ferner in Flüssigkeiten von verschiedenem Brechungsvermögen eingelegt ist; wie kann es da Wunder nehmen, wenn der eine Mikroskopiker behauptet, einen Gegenstand ganz anders, vielleicht dicker oder dünner, mehr oder weniger glänzend gesehen zu haben, oder wenn er ihn möglicherweise nicht findet und deswegen sein Vorhandensein bestreitet? Und wie soll in solchen Fällen der Beobachtungsfehler, mag er nun auf der einen oder auf der anderen Seite liegen, unter den vielen vorher angedeuteten Möglichkeiten nachgewiesen werden?«

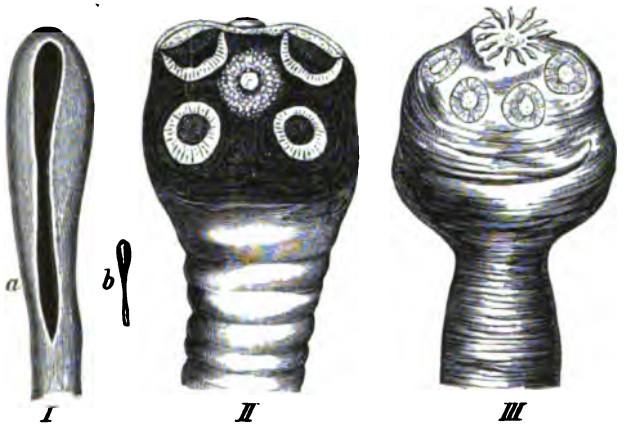
Um sich über gewisse plastische Verhältnisse eines Objectes Klarheit zu verschaffen, empfiehlt sich ein Verfahren, welches zuerst von dem Anatomen H. Welcker angewendet wurde. Ein plastischer Gegenstand — mag die Körperlichkeit noch so gering sein — wird beim Beobachten im Mikroskope glänzende Stellen aufweisen, welche mit weniger oder gar nicht glänzenden abwechseln. Bei der Verschiebung des Tubus nach auf-, beziehungsweise abwärts wird sich natürlich die Lage der glänzenden Stellen zu einander ändern. Da hat nun als Regel zu gelten, daß



Milch.

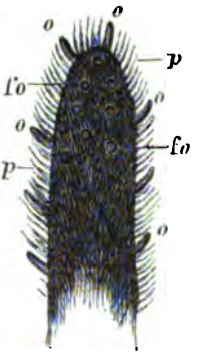


Colostrum.



I II III

I Grubenkopf (b natürliche Größe), II Kopf des unbewaffneten, III des bewaffneten Bandwurm.



Endspitze eines Fühlers der rothen Ameise, 300mal vergrößert. nach Leydig. p Haare, womit derselbe besetzt ist, o Geruchszapfen, fo Gruben, aus denen letztere hervortreten.

Reincultur des Tuberkelbacillus.

Reincultur des Cholera- (»Komma-«) Bacillus.

Mikroskopische Objecte.

diejenigen Theile, welche ihren vollen Glanz erhalten, wenn man den Tubus gesenkt hat, Vertiefungen darstellen, während diejenigen Stellen, bei welchen der volle Glanz nach erfolgter Hebung des Tubus eintritt, Erhebungen sind. Hält man an dieser Regel fest, so werden zum mindesten grobe Irrthümer vermieden werden.

Eine andere Art von Täuschung, der der angehende Mikroskopiker mitunter zum Opfer fällt, besteht in den Bewegungen, welche im Mikroskope wahrnehmbar sind. Man hat sich sehr davor zu hüten, derlei Erscheinungen als wirkliche, sogenannte vitale Bewegungen zu deuten. Allerdings werden Bewegungen wahrgenommen, welche thatsächlich vor sich gehen, deswegen aber noch keinen spontanen Charakter zu haben brauchen. Man kann selbst an sogenannten todten Objecten (d. h. Gegenständen der anorganischen Natur) Bewegungserscheinungen wahrnehmen. Dieselben sind einfach — eine Molecularbewegung. Anderseits gehen in lebenden pflanzlichen Objecten Zustandsänderungen vor sich, welche durchaus den Lebenserscheinungen der betreffenden Pflanze entsprechen, von dem Anfänger in der Mikroskopie aber als etwas Zufälliges gedeutet werden könnten. Irrungen können insbesondere bei Anwendung von Zusatzflüssigkeiten mit endosmotischer oder zersetzender Wirkung entstehen. Was von den Pflanzen gilt, ist selbstredend in noch weit höherem Maße auf die thierischen Objecte anwendbar. Tödtet man z. B. eine der ganz winzigen Fliegen und bringt man das Thierchen unter das Mikroskop, so kann es vorkommen, daß die unendlich zarten Gliedmaßen Bewegungen ausführen. Der Ungeübte wird diese Erscheinung ohne weiteres als eine spontane, etwa auf Reflexwirkung beruhende Bewegung ansehen, während sie thatsächlich von der bewegten Luft, in Folge einer Handbewegung oder in Folge des Athmens hervorgerufen wird. Man hat sich daher bei derlei Beobachtungen völliger Ruhe zu befleißigen und den Athem anzuhalten. Diese Verhaltungsmaßregel gilt (sowie die Bewegungserscheinung selbst) selbstverständlich nur für den Fall, daß das betreffende Object nicht unter dem Deckglase beobachtet werden kann.

Täuschungen werden ferner durch Unreinlichkeiten auf dem Objectkörper oder hinzugeflogene Staubkörperchen hervorgerufen. Sie sind oft schwer von den ganz feinen Einzelheiten eines Objectes zu trennen, insbesondere dann, wenn sie in die Zusatzflüssigkeit gerathen sind. Auch die auf der Frontlinse des Objectivs oder auf der Ocularlinse haftenden Staubtheilchen können Anlaß zu Irrungen geben. Um denselben von vorneher auszuweichen, dreht man, während das Object scharf im Auge behalten wird, den Tubus leicht um seine optische Achse. Die Staubtheilchen werden sich natürlich mitdrehen und im Gesichtsfelde über das Object hin Kreise beschreiben. Dadurch werden die Zweifel erregenden kleinen Körperchen im Gesichtsfelde entlarvt. Es braucht wohl nicht gesagt zu werden, daß eine der wichtigsten Vorbedingungen exacter Untersuchungen darin besteht, Objectivträger, Deckgläschen und die mit der atmosphärischen Luft in Berührung kommenden Linsen in peinlicher Reinheit zu halten.

Dritter Abschnitt.

Die Präparate.

Wer ein Mikroskop erwirbt, wird — wie sich dies ja ganz von selbst versteht — nicht versäumen, sich zugleich eine Sammlung von fertigen Präparaten, mit welchen er seine ersten »Exercitien« ausführt, zu verschaffen. Die Meisten, welche das Mikroskopiren als Vergnügen betreiben, lernen überhaupt keine anderen als diese, allenthalben käuflichen und nach wissenschaftlichen Principien geordneten Präparate kennen. Dabei zeigt es sich aber gar bald, daß einzelne »Sortiments« in einer Weise zusammengestellt sind, die dem Laien nicht den geringsten Nutzen bringt, da an ihm Fachkenntnisse vorausgesetzt werden, die er in der Regel nicht besitzt. Hierzu einige Beispiele. Wir nehmen eine Sammlung von pflanzenanatomischen Präparaten durch und finden darin folgende Elemente vertreten:

Cylinderzelle — Helianthi — Collenhymzelle — caulis rumicis — Steinzelle — cortex cinnamomi — Bastzelle als Gewebe — Spicularzelle — Theeblatt — spiralförmig verdickte Gefäße — ringförmig verdickte Gefäße — treppenförmige Gefäße — Harzgänge der Piniusnadel — Luftgänge mit Haaren — Spaltöffnungen mit Haaren — Flechtenthallus — Monocotyledone — Stamm von Juncus — Dicotyledonenstamm von Mercurialis — Holzparenchym — Linde, Bastparenchym — Lederkork von Betula — Centripetale Gefäße von Helleborus — Zellen mit Farbstoff — polysdrische Zellen — Markstrahlen — Blüthenstaub — Pollen pini — Sporangia mit Indusium — Sporen von Equisetum.

Eine zweite Sammlung von zoologischen Präparaten, welche wir zur Hand nehmen, hat folgende Zusammenstellung:

Saugscheibe von Discus Dytisci — Magen von Dytiscus — Rüssel der Hummel — Sägeblätter der Blattwespe — Mundtheile der Blattwespe — Sammelapparat der Honigbiene — Kaumagen der Heuschrecke — Bettwanze — Coccinellalarve — Fuß von Cystella sulfurea — Hinterleibssegment von Panorpa — Athemhöhle des Wasserläufers — Spinnwarzen der Kreuzspinne — Fliegenauge — Maulwurfhaare — Anker der Seewalze — Schneckenzunge — Moosstengel — Melitea ochracea (Polyp) — Bandwurmglied.

Den meisten dieser Präparate wird Derjenige, der keine eingehenden naturwissenschaftlichen Kenntnisse besitzt, rathlos gegenüberstehen. Kein Wunder also, daß ein solcher, die Mikroskopie aus purer Zerstreuung betreibender Laie zu solchen Objecten greift, die seinem Verständnisse näher liegen. In den meisten Familien, die sich des Besitzes eines Instrumentes erfreuen, findet man in Folge dessen die bis zum Ueberdruß bekannten Präparate von Nahrungsmitteln, Gewürzen, Surrogaten, von Trichinen und von mancherlei Schmarotzern des Menschen, darunter den

Floh, der überhaupt über ein paar Jahrhunderte hinaus als seltsames Geschöpf angestaunt und jedem Mikroskope als Object beigegeben wurde. Da in der Betrachtung dieser Objecte in Kürze eine gewisse Ermüdung sich einstellt, stellt man die Beobachtungen bald ein und das Mikroskop wandert zu dem übrigen überflüssigen Gerümpel, um nur noch bei ganz besonders wichtigen Anlässen — z. B. wenn ein Gast anwesend ist, dem sich die Wunder der Mikroskopie noch nicht erschlossen haben — hervorgeholt zu werden.

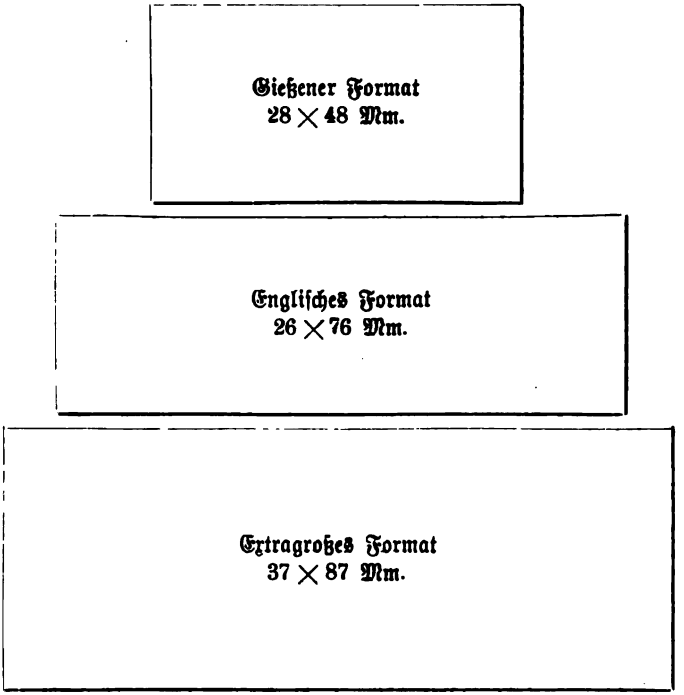
Es ist sonach klar, daß Jeder, der sich eines Mikroskopes mit Nutzen bedienen will, jenes Maß von Kenntnissen mitbringen muß, welches ihn in Bezug auf das Verständniß für die untersuchten Dinge zum mindesten auf die richtige Fährte lenkt. Weiß er einmal, um was es sich handelt, so wird das Nachschlagen in botanischen, zoologischen, anatomischen und anderen Leitfäden (streng wissenschaftliche Fachwerke brauchen es nicht zu sein) die weiteren Aufklärungen geben. Auf diese Weise wird eine stufenweise Schulung erzielt, die Kenntniß über die Dinge, um welche es sich jeweilig handelt, bereichert, und werden die gemachten Erfahrungen als Grundlage zu weiterem Aufbau sich erweisen.

Im Allgemeinen bilden die käuflichen Präparate ein vortreffliches Mittel, um Vorstudien anzustellen, eine Art von Uebungscursus durchzumachen. Den denkenden, zum Selbstschaffen geneigten Jünger der Naturwissenschaften wird aber dieser Vorgang wenig befriedigen. Beweis dessen, daß bei vielen intelligenteren Anfängern ein mitunter allzu stürmischer Trieb nach selbstständigem Beobachten sich kundgiebt, der zwar vielversprechend ist, zu Beginn aber unbedingt gezügelt werden muß. Man würde damit der Oberflächlichkeit im hohen Maße Vorschub leisten, an Stelle des wissenschaftlichen Ernstes die bloße Neugierde setzen und überhaupt jedes ernste Studium verhindern.... *Aufrichtigkeit gegen sich selbst und Wahrheitsliebe sind die obersten Tugenden des Mikroskopikers*, von ihnen muß auch der Anfänger beseelt sein. Wie aber sollen jene Tugenden bethätigt werden, wenn der lernbegierige Novize von Object zu Object eilt, sich von Einzelnheiten, deren Bedeutung ihm nicht zu Bewußtsein kommt, weiter nicht beirren läßt, sich keine Fragen stellt, keine Aufgabe gründlich von Anfang bis zu Ende führt? Vor Hudeleien in den ersten Studien kann nicht genug gewarnt werden. Auch hier wird sich — wie im Schoße einer der Mikroskopie als Zeitvertreib huldigenden Familie — im Verlaufe der Zeit Ermüdung, keineswegs aber jene Befriedigung einstellen, welche den sichersten Ansporn zu ernster Arbeit abgiebt.

Das Mittel jeder Untersuchung bildet das Präparat, und zwar haben wir diesfalls dasjenige Präparat vor Augen, das man sich selber herrichtet. Vielfach werden freilich Naturobjecte ohne jede Präparation unter das Mikroskop genommen werden können. Das Stück eines Blattes, ein Pollenkorn, die Schuppen der Schmetterlingsflügel, Haare, Fühler, Beine von kleinen Insecten, sowie hunderterlei winzige Dinge, die dem Mikroskopiker in die Hände fallen: Alles das sind keine Präparate im strengen Wortsinne, weil zur Beobachtung dieser Objecte keine Vor-

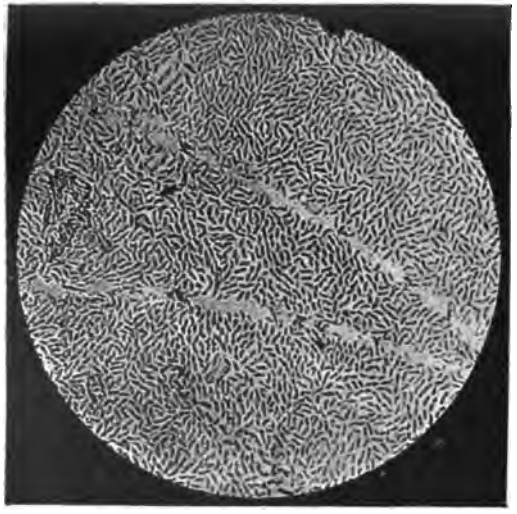
arbeiten nöthig sind. Man bringt sie einfach — immer vorausgesetzt, daß ihre Größe oder Plastik nicht störend wirkt — auf den Objectträger, umgiebt sie mit der jeweilig gewählten, weder chemische, noch endosmotische Einwirkungen verursachenden Zusatzflüssigkeit, bedeckt das Ganze mit einem Deckgläschen, und die Untersuchung kann beginnen.

Objectträger und Deckgläschen hat man durchaus nicht als etwas Nebensächliches zu betrachten. Wir haben in einem früheren Abschnitte gesehen, daß der Focalabstand eines Linsensystems von den Dickenverhältnissen der vorgenannten Hilfsmittel abhängig ist und von Fall zu Fall Correctionen des Focalstandes nothwendig werden. Wegen der Bedeutung, welche der Objectabstand für



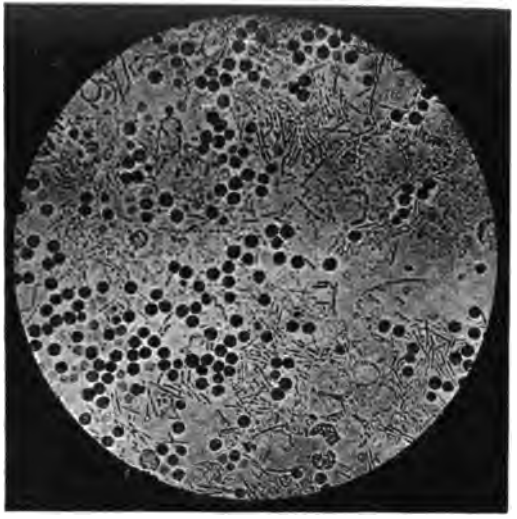
den bequemen und sicheren Gebrauch der stärkeren Linsen hat, wird in den optischen Ateliers bei der Berechnung der Systeme diesem Elemente besondere Aufmerksamkeit zugewendet. Die stärkeren Objective besitzen deshalb im Verhältniß zu ihrer Brennweite und Apertur ungewöhnlich große Arbeitsabstände, so daß noch Deckgläschen von 0·2 Millimeter und darüber benützt werden können.

Die Objectträger sind aus reinem grünlichen Glas oder weißem Spiegelglas geschnittene rectangonale Glastäfelchen von wechselnden Dimensionen (Vereinsformat, englisches Format, Wiener Format ꝛc.). Die Kanten werden entweder abgeschliffen oder polirt, oder roh belassen. Die beigegebenen Zeichnungen zeigen einige der gebräuchlichsten Objectträger-Formate für mittlere und große Instrumente.

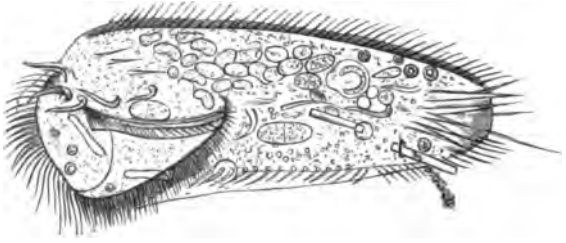


Bakterienmaſſen (Zoogloeen) aus faulendem Sumpfwaſſer.

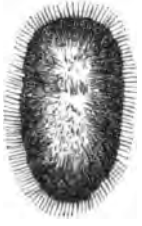
Einzelner Kopf vom Drehwurm des Schafes.



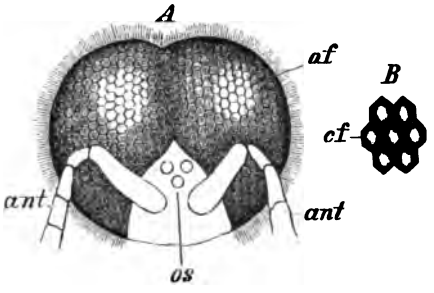
Mit Milzbrandbakterien durchſetztes Blut. (Die Bakterien ſind Stäbchen; die ſchwarzen Scheibchen ſind Blutkörperchen.)



Muſchelthierchen.



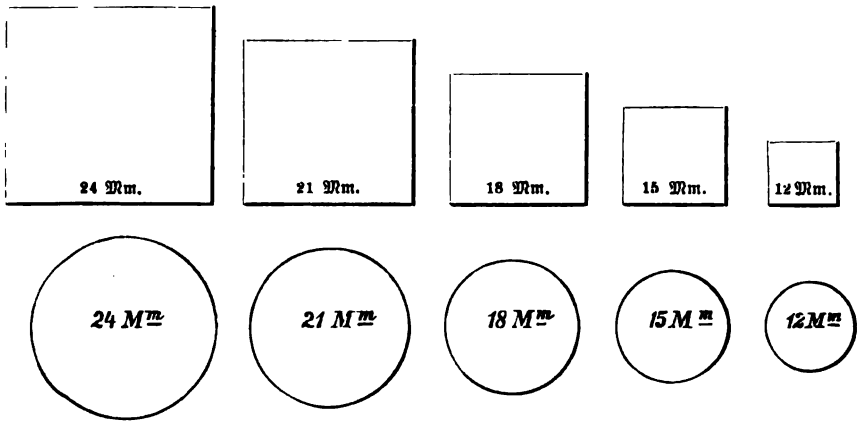
Spore von Vaucheria clanata.



A Kopf der Biene mit den einfachen (os) und facettirten Augen (of), B ef Hornhautfacetten.

Mikroſkopiſche Objecte.

Vor dem jedesmaligen Gebrauche hat man die Objectträger genau zu untersuchen, da Unreinlichkeiten, mögen sie noch so unscheinbar sein, die Beobachtung sehr benachtheiligen und zu groben Irrthümern führen können. Hat man den eben zu benützenden Objectträger gereinigt und dabei jede Berührung mit den nackten Fingern vermieden, so legt man ihn auf den Objecttisch und prüft seine Sauberkeit mittelst Reflexspiegel und Tubuseinstellung. Hierbei wird sich vielfach die Wahrnehmung einstellen, daß die Glasplatten trotz der vorgenommenen Reinigung störende Unregelmäßigkeiten zeigen. Gewöhnlich sind es Bläschen und Ritze oder — wie bei den geschliffenen Objectträgern — gelblichbraune Flecke, die von anhängendem Schmirgel herrühren. Von einigen Objectträgern von abweichender Form und Einrichtungen für specielle Forschungszwecke wird weiter unten die Rede sein.



Die Deckgläschen werden aus feinstem Crownglas hergestellt und kommen entweder in viereckiger oder in runder Form in den Handel. Ihre Dicke soll durchschnittlich $^1/_{10}$ Millimeter betragen. Die besten und billigsten sind immer die viereckigen, welche in verschiedenen Größen vorräthig sind. Außerdem giebt es auch rechteckige Deckgläser.

In der Handhabung der Deckgläschen muß mit großer Vorsicht vorgegangen werden. Das erste Erforderniß ist auch hier wie bei den Objectträgern größte Reinlichkeit. Hat man das Deckgläschen auf das Präparat gelegt, so empfiehlt es sich, mit der Spitze einer Nadel leicht auf das erstere zu drücken, damit das Object entsprechend abgeflacht wird. Dadurch werden zugleich Luftblasen, die sich in der Zusatzflüssigkeit bilden und welche durch ihr glänzendes, kugelrundes Aussehen den Anfänger leicht irreführen können, indem er derlei Gebilde für Formenbestandtheile hält, beseitigt. Auch ist möglichst zu vermeiden, daß die Zusatzflüssigkeit unter dem Deckgläschen hervorquillt. Sowie nämlich diese auf den freiliegenden Objectträger gelangt, verdunstet sie sehr rasch, es erfolgt ein Nachströmen nach den Rändern

des Deckgläschens hin, wodurch am Präparate Bewegungen hervorgerufen werden, welche Anlaß zu Täuschungen geben können.

Es ist selbstverständlich, daß der größte Reiz, den die Arbeit mit dem Mikroskope gewähren kann, in der Untersuchung von Objecten — Formenbestandtheilen oder vollständigen lebenden Organismen — besteht, die dem unbewaffneten Auge sich entziehen. Die gewöhnlichsten und zugleich interessantesten Objecte dieser Art sind die Infusorien, deren Beobachtung zugleich die Nothwendigkeit in sich schließt, das Beobachtungsmaterial durch entsprechende Vorarbeiten zu beschaffen. Dadurch tritt der Jünger der Mikroskopie ganz unversehens in medias res wissenschaftlicher Untersuchung, er wird gezwungen, seine Aufmerksamkeit und Sorgfalt eben jenen, mit der mikroskopischen Arbeit nicht unmittelbar zusammenhängenden Vorarbeiten zuzuwenden, wodurch sein Interesse an der Sache ganz wesentlich gefördert wird.

Ehe wir auf dieses Thema ausführlicher eingehen, ist es nothwendig, noch einiger Utensilien zu gedenken, welche der Mikroskopiker zu jeder Untersuchung bereit halten muß. Da ist zunächst das Präparirbesteck. Es umfaßt eine kleine chirurgische Scheere, ein kleines Messer, eine bis zwei Pincetten, zwei Präparirnadeln mit Holzgriffen und eine Spatel. Als weitere unentbehrliche Hilfsmittel — insbesondere bei der Untersuchung der niedrigsten Lebewesen — dienen einige Glasstäbe, deren Enden abgeschmolzen werden, sowie eine Anzahl von Glasröhren, welche in eine Spitze ausgezogen sind. Neuerdings hat man solchen Glasröhren Hülsen von Kautschuk aufgesetzt, welche nach oben zu verschlossen sind. Ein Druck auf die Hülse preßt die Luft aus dem Glasröhrchen heraus; bringt man dasselbe dann unter Wasser und läßt mit dem Druck auf die Hülse nach, so steigt selbstverständlich das Wasser in dem Röhrchen etwas in die Höhe. Diese kleinen Instrumente sind für die Untersuchung der Infusorien (und der Protozoen überhaupt) sehr vortheilhaft. Sie werden im Handel als Tropfgläschen bezeichnet. Weiterhin muß man einige Fläschchen mit den gebräuchlichen Zusatzflüssigkeiten (Kochsalzlösung, Weingeist, Glycerin, Terpentinöl) und einigen unentbehrlichen Chemikalien (Canadabalsam, Nelkenöl, Immersionsöle, Gläserkitt, Kalium bichromicum u. s. w.) bereitstellen.

Um sich das Material für die Infusorien-Untersuchung zu beschaffen, sind mehrere Wege einzuschlagen. Das naheliegende und einfache Verfahren ist, Schlammabsätze auf Wasserpflanzen, insbesondere auf Wasserlinsen, sowie den Schlamm selbst aus Morästen und Tümpeln der Untersuchung zu unterziehen. Wo sich aber die Gelegenheit zur Beschaffung dieses Materials nicht ohne weiteres ergiebt, wird man zu dem zweiten Verfahren Zuflucht nehmen müssen, nämlich zur Züchtung der hier in Frage kommenden Organismen. Wie man weiß, besitzt das Thier in seiner Leibesmasse nicht die Fähigkeit, einfache, allgemein vorkommende Stoffe, welche der Pflanze als Nahrung dienen, zu verarbeiten, sondern es ist seine Existenz an diejenige der Pflanze gebunden, es nährt sich von pflanzlichen Stoffen, oder

es nährt ſich, ſobald zahlreiche Thiere ausgebildet ſind, von pflanzlichen und thieriſchen Stoffen oder thieriſchen Stoffen allein.

Es verſteht ſich alſo von ſelbſt, daß die Protozoen, ſoweit ſie mehr thieriſcher Natur ſind, an die Exiſtenz der Pflanzen gebunden erſcheinen. Will man alſo Infuſorien züchten, ſo iſt es nothwendig, daß man ihnen die Bedingungen ſchafft, unter denen ſie leben können. Dies führt zu der Nothwendigkeit der Anlage kleiner Verſuchs-Aquarien, die gar keine Umſtändlichkeiten verurſachen. Nimmt man beiſpielsweiſe ein Glasgefäß mit reinem Waſſer und bedeckt man den Boden des Gefäßes mit etwas humusreicher Erde, über welche eine Schicht reinen Sandes geſchüttet wird, ſo kann man in dieſem Waſſer ſehr leicht eine Anzahl größerer Waſſerpflanzen zur Entwickelung bringen. Es eignen ſich dazu ſehr gut Theile der in unſeren Teichen und Bächen vorkommenden grünen Pflanzen, z. B. die Waſſerpeſt, dann die niederen Algen. Läßt man ein Gefäß mit ſolchen Pflanzen eine Zeit hindurch am Lichte (am beſten natürlich im vollen Sonnenlichte) ſtehen, ſo wird man alsbald die Wahrnehmung machen, daß ſich in dem Waſſer desſelben ein ſehr reges Leben zu entfalten beginnt. Insbeſondere ſind es die abſterbenden im Waſſer zerfallenden Blätter, welche den Infuſorien ausreichende Lebensbedingungen ſchaffen. Unterſucht man ſolche faulende Blätter, ſo wird man unfehlbar ganze Colonien von Protozoen auf denſelben antreffen. Ein Zuſatz von Schlamm aus Goſſen oder ſtehenden Tümpeln, ſodann von Kaliſalpeter und kohlenſäurehältigem

Verſuchs-Aquarium für Protozoen.

Wasser, ist der Entwickelung der Nährpflanzen sehr förderlich und daher auch für die Züchtung der Protozoen von Nutzen. Gewöhnlich aber bedarf es gar nicht dieser Zurüstungen. Man kann sich nämlich ganz leicht ein Infusorien-Aquarium anlegen, wenn man in ein Glas mit Wasser einige Petersilienblätter steckt, und sodann, mit einer Glasglocke überdeckt, in die Sonne stellt. Schon nach wenigen Tagen wird das Wasser immer reicher an Thierformen werden. Die Abbildung Seite 81 zeigt die Anordnung eines solchen Aquariums.

Schon den alten Forschern war es bekannt, daß sich, wenn man organische Substanzen (beispielsweise Heu, Gras) längere Zeit kochte und sodann diese Abkochungen (Infusionen) stehen ließ, in der Flüssigkeit, wenn sie mit Luft in Berührung kam, schon nach verhältnißmäßig sehr kurzer Zeit allerhand kleine Organismen entwickelten. Die Keime zu diesen *scheinbar* spontan in der Flüssigkeit entstehenden Organismen liegen in der Luft, d. h. sie schweben suspendirt in ihr und gelangen mit dem Staub und anderen Formbestandtheilen in die Flüssigkeit. Um sich nun eine besonders geeignete Infusion zu bereiten, verfahre man wie folgt:*) Abgekochtem und durchgeschütteltem Sumpfwasser wird etwas grüner Schlamm, den man aus einem Rinnstein, einem Graben entnommen hat, zugesetzt. Schon in ganz kurzer Zeit läßt sich feststellen, daß die eingetragenen grünen Pflanzen sich energisch zu vermehren beginnen. Das Gefäß wird nun hingestellt und sich selbst überlassen. Alsbald treten an den Wandungen des Gefäßes sogenannte Rasen von grünen Pflanzentheilen auf, besonders wenn das Gefäß dem Lichte ausgesetzt wird.

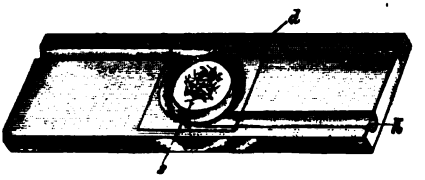
Von der Flüssigkeit bringt man nun eine kleine Menge unter das Mikroskop und zwar mit Hilfe der früher erwähnten Glasstäbchen. Die Objectträger, die zu diesem Zwecke nöthig sind, weichen von denjenigen, die wir weiter oben kennen gelernt haben, erheblich ab. Sie sind, nach den Angaben einiger Forscher, verschiedenartig gestaltet. Die gewöhnliche Form unterscheidet sich kaum von den allgemein gebräuchlichen Objectträgern, denn die Glasplatte zeigt in ihrer Mitte nichts weiter als eine kleine ausgeschliffene Vertiefung. In diese nun wird der Wassertropfen gebracht und sofort das Deckgläschen darauf gestülpt. Um das überflüssige Wasser zu beseitigen, drückt man mit der Präparirnadel auf das Deckgläschen, läßt das austretende Wasser verdunsten und bestreicht sodann die Ränder mit Provencer- oder Vaselinöl, um jede weitere Verdunstung zu verhindern.

Eine andere Methode der Präparation besteht darin, daß man ein kleines Uhrglasschälchen an der höchsten Stelle derart abschleift, daß sie die Dicke eines Deckgläschens erreicht. Der Rand des Uhrgläschens muß plan abgeschliffen werden, damit er luftdicht auf dem Objectträger aufzuliegen kommt. Man setzt nun einen Tropfen der Infusion auf die abgeschliffene Stelle der Wölbung des Schälchens, wendet es rasch um und legt es auf den Objectträger. Da die geringe Menge Wassers an dem Gläschen adhärirt, bildet sich ein hängender Tropfen, der un-

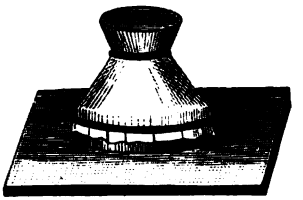
*) Dr. A. Braß, »Die niedrigsten Lebewesen«, S. 7 bis 13.

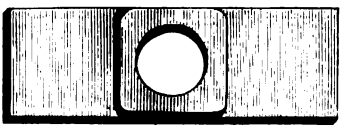
mittelbar an der abgeschliffenen Stelle anhaftet. Diese selbst aber vertritt das Deckgläschen. Auf diese Weise kann die Untersuchung in bester und bequemster Weise vorgenommen werden, namentlich wenn man der störenden Verdunstung durch Bestreichen des Randes des Uhrglasschälchens mit Oel vorgebeugt hat.

Der beistehend abgebildete Objectträger besitzt eine besondere Einrichtung zu dem Zwecke, das Wasser am Verdunsten zu verhindern, zugleich aber zu ermöglichen, daß neben dem Wasser immer ein größerer Luftraum vorhanden ist, so daß die Luft besser in der Flüssigkeit circuliren kann (k). Zu diesem Ende ist in der Mitte des Objectträgers ein meherere Millimeter tiefer Ring eingeschliffen. Derselbe umgiebt also eine kurze Glassäule (s), deren obere Fläche ganz wenig vertieft ist. Der Ring wird mit Wasser angefeuchtet, dann wird in die Vertiefung der Säule die zu untersuchende Masse übertragen und nun dies Alles mit einem Deckglase (d) bedeckt, dessen Ränder über den Ring hinausragen müssen und hier gleichfalls mit Oel zu verstreichen sind. — Sehr zu empfehlen ist auch ein Verfahren, das Prof. A. Braß eingeführt hat. Er bedient sich bei seinen Protozoen-Untersuchungen eines Objectträgers, welcher aus Glasplatten besteht, die in der Mitte ein 15 Millimeter im Durchmesser habendes kreisrundes Loch erhalten. Auf einer Seite dieses Objectträgers ist ein Collodiumhäutchen aufgeklebt, der Objectträger aber auf eine zweite, aus starkem Glas angefertigte Platte gekittet, welche dort, wo sich das Loch im ersten Objectträger befindet, eine ausgeschliffene Vertiefung enthält. Von hier aus gehen zwei Rinnen an die schmalen Seiten, in welche feine Röhrchen eingekittet werden können, um sauerstoffreiche Luft oder sauerstoffreiches Wasser unter dem Objecte herleiten zu können. Dieselben werden auf die Collodiumhaut — die übrigens durch ein dünnes Häutchen von Fischblase oder ein sonstiges Bindegewebe ersetzt werden kann — gebracht. Das Object wird sofort mit einem runden Deckgläschen überdeckt und auf diese Weise stets in genügendem Maße mit Luft versorgt, welche durch die Collodiummembrane diffundirt.



Objectträger für mikroskopische Untersuchungen lebender Mikroorganismen.




Feuchte Kammer.

Außer den hier besprochenen Objectträgern hat man auch sogenannte feuchte Kammern construirt, von welchen besonders diejenige von Dr. O. Zacharias empfehlenswerth ist. Dieselbe besteht aus einem kreisrund durchbohrten Glasblock von 4 bis 5 Millimeter Dicke, der auf einem Objectträger derart aufgekittet ist, daß ein kleines Bassin entsteht. Letzteres wird mit einem Tropfen Wasser versehen und mit einem

Deckgläschen bedeckt. In solchen feuchten Kammern kann man die zu beobachtenden Thierchen 10 bis 14 Tage am Leben erhalten. Die feuchten Kammern eignen sich aber auch zur Beobachtung sehr kleiner lebender Thierchen, z. B. Blattläusen, Vogelmilben u. dgl., in welchem Falle jedoch, was sich ja ganz von selbst versteht, kein Wasser in das Bassin kommen darf. Das letztere dient lediglich als Gefängniß, um die Thierchen an dem Entweichen zu hindern. Je feuchter die Kammer ist, desto besser eignet sie sich zu derlei Beobachtungen, welche übrigens nur bei sehr schwachen Vergrößerungen angestellt werden können. Die feuchten Kammern leisten ferner sehr wesentliche Dienste bei entwickelungsgeschichtlichen Untersuchungen organischer Objecte (Eier, Larven). Um diese möglichst lange am Leben zu erhalten und vor dem Vertrocknen zu schützen, befestigt man sie an der unteren, dem mit Wasser angefüllten Bassin zugekehrten Seite des Deckgläschens mit Hilfe von ein wenig Zuckerlösung. Selbstverständlich muß das Object in das Wasser eintauchen. Uebrigens ist die künstliche Befestigung bei manchen Objecten (z. B. bei den Eierballen von Lymnaeen) nicht nothwendig, weil sie in eine zähe Gallerte eingehüllt sind, die schon von Natur aus an jedem Gegenstande adhärirt.

Mit der Infusion, die man sich zum Zwecke der Züchtung von Infusorien — beziehungsweise Protozoen — hergerichtet hat, läßt sich leicht die Züchtung bestimmter Formen bewirken. Stellt man nämlich das betreffende Gefäß an einen dunkleren Ort, der nicht allzu kalt ist, so entwickeln sich wesentlich andere Formen als in der Wärme und im Lichte. Schon nach kurzer Zeit läßt sich constatiren, daß in der Flüssigkeit eine Form, oder einige wenige Formen über die anderen dominiren, d. h. es haben sich im Kampfe um die Existenz innerhalb des Aquariums die Formen so gesondert, daß hauptsächlich eine derselben oder nur wenige in zahlreicher Menge auftreten, weil für sie die Existenzbedingungen in dem gegebenen Falle am günstigsten sind. Prof. Braß, dem wir hier folgen, empfiehlt zur Züchtung bestimmter Formen kleine Culturgläschen, zu welchen sich die bekannten engen Reagensgläschen, wie sich solcher die Chemiker bedienen, am besten eignen. Man ordnet diese Gläschen in einem Gestelle an und verschließt sie mit lockeren Wattepfropfen.

In ein solches Gläschen bringt man ausgekochtes Teichwasser, verschließt es mit Kork und schüttelt das Wasser etwas mit Luft, damit letztere in demselben gelöst wird. Will man nun eine bestimmte Protozoenform in hinreichender Menge züchten, so sucht man unter dem Mikroskope die Theile auf, an welchen, beziehungsweise neben welchen die betreffenden Formen hauptsächlich vorkommen, saugt von den betreffenden Stellen Flüssigkeit fort und bringt sie in die Reagensgläser. Diese Methode der Züchtung wird dadurch etwas erleichtert, daß viele Protozoen vornehmlich in bestimmten Regionen des Wassers leben, und daß von anderen bestimmte Nahrungstheile mit Vorliebe aufgesucht werden. . . . Auf welche Weise von Infusorien sogenannte »Dauerpräparate« (zum Aufbewahren in Präparatenkästen) hergestellt werden, wird später besprochen werden.

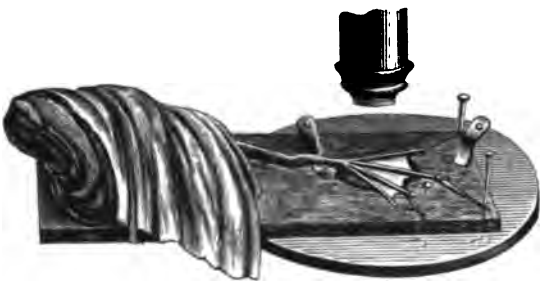
Zum Schöpfen von Teichwasser u. s. w. kann man sich mancherlei Vorrichtungen bedienen. Handelt es sich blos um oberflächliche Wasserschichten, so hat man natürlich weiter nichts zu thun, als die Schöpfflasche einzutauchen und die erforderliche Menge abzuschöpfen. Häufig aber wird es nothwendig sein, aus tieferen Schichten, womöglich mit Zusatz von Schlamm, zu schöpfen, und in diesem Falle ist es von Vortheil, eine Schöpfkanne zu besitzen, an welche eine lange Stange befestigt werden kann. Die Kanne muß unbedingt ein Glasgefäß sein. Das heraufbeförderte Wasserquantum soll womöglich sofort in ein zweites Gefäß von der Gestalt und Einrichtung nach beigefügter Abbildung überschüttet werden. Um Wasserpflanzen aus größerer Tiefe hervorzuholen, bedient man sich einer langen Stange, an deren Ende ein sichelförmig gekrümmtes Messer angebracht ist. Schlammproben vom Grunde seichter Gewässer holt man am besten mit langen Glasröhren herauf. Nach Dr. O. Zacharias geschieht dies folgendermaßen. Auf das eine offene Ende einer solchen Röhre drückt man den Zeigefinger fest auf und führt das andere offene Ende auf den Grund des Wassers hinab. Jetzt lüftet man für einen Augenblick den Zeigefinger, drückt ihn aber sofort wieder auf und zieht die Röhre zugleich empor. Innerhalb derselben befindet sich jetzt eine mehr oder minder reichliche Grundprobe, die man in eines der Sammelgläser überträgt. Es ist praktisch, die Gläser mit unbeschriebenen Etiquetten zu versehen, um etwa wünschenswerthe Notizen über den Fundort u. s. w. anbringen zu können.

Geräthe zum Einsammeln der Protozoen.

Die Beobachtung der kleinsten Lebewesen ist eine verhältnißmäßig wenig umständliche Arbeit und bietet, wie Alles, was dem unbewaffneten Auge nicht wahrnehmbar ist, mannigfachen Reiz. Sowie aber die Thierchen größer werden, gestaltet sich die Untersuchung immer schwieriger, da mit zunehmender Körperlichkeit der Objecte, d. h. mit dem Heraustreten des größten Theiles der Körpermasse aus der wirksamsten Beobachtungsebene im Gesichtsfeld, das Thierchen niemals ganz zu überblicken ist. Die Methode, den Tubus fortgesetzt zu heben und zu senken, bietet wohl ein Auskunftsmittel, doch sind auch diesem Grenzen gesetzt. Die

Beweglichkeit der Thierchen, welche selbstverständlich entsprechend untergebracht werden müssen (am besten in den Bassins der feuchten Kammern), macht die genaue Beobachtung in den meisten Fällen unmöglich.

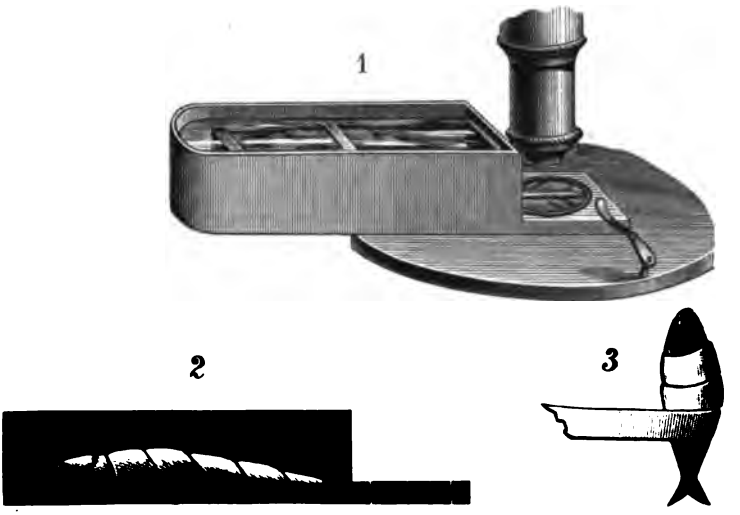
Bei zunehmender Größe der thierischen Objecte können natürlicherweise nur einzelne Körpertheile untersucht werden und sind die Proceduren hierbei — soferne es sich um lebende Thiere handelt — sehr umständlich. Man hat hierzu allerlei sinnreiche Vorrichtungen erdacht, die sich ganz gut bewährt haben, indeß von Mikroskopikern, welche nicht streng fachwissenschaftliche Versuche anstellen, schwerlich in Anwendung gebracht werden. Um gleichwohl dem Leser einen Begriff von derlei Vorrichtungen zu geben, führen wir anbei zwei derselben zur bildlichen Anschauung. Sie dienen dazu, um den Blutkreislauf in der Schwimmhaut des Frosches, beziehungsweise in der Schwanzflosse eines kleinen Fisches (z. B. Goldfisches) zu beobachten. Die Abbildungen sind so klar, daß sie nur weniger erläuternder Worte bedürfen. Der zu untersuchende Frosch wird auf eine Korkplatte gelegt, welche an jener Stelle, welche auf das Loch im Objecttische zu liegen kommt, einen correspondirenden Ausschnitt hat. Das Thier wird in ein feuchtes Tuch gehüllt und überdies mit einer Klammer derart festgehalten, daß es die Untersuchung durch Bewegungen nicht stören kann. Der eine Hinterfuß wird mit in die Emballage eingeschlagen, der andere aber in der auf dem Bilde ersichtlich gemachten Weise befestigt. — Zur Untersuchung von kleinen Fischen dient eine mit Wasser gefüllte Wanne (2), welche oben mit einem Glasdeckel geschlossen und im Innern auf der einen Querseite mit einer durchlochten Querwand, zum Festhalten des Kopfendes, auf der andern Querseite aber mit einem Schlitze versehen ist, durch welchen die Schwanzflosse hindurchgesteckt wird. Dieselbe kommt auf diese Weise in einen schmalen, oben und unten mit Fensterchen versehenen Rahmen zu liegen, der genau in das Loch des Objecttisches einzustellen ist. Fische, die auf diese Weise der Untersuchung unterzogen werden, müssen in Tüll bandagirt werden (3).



Vorgang bei der mikroskopischen Untersuchung eines lebenden Frosches.

Die Beobachtung von Naturobjecten ohne besondere Präparation, wie sie vorstehend des weiteren ausgeführt wurde, hat, wie der Leser erkannt haben wird, ein ziemlich beschränktes Feld. Zudem handelt es sich in diesen Fällen um die Beobachtung von Lebenserscheinungen, also nicht um histologische Untersuchungen, wobei es darauf ankommt, in die Gewebsstructur und sonstige Details organischer Elemente Einblick zu gewinnen. Die Methoden, welche hierbei in Anwendung kommen, sind sehr mannigfacher Art. Der Hauptsache nach handelt

es sich um mechanische und chemische Eingriffe, indem die betreffenden Objecte mittelst eigens hierzu hergestellten Instrumenten anatomisirt, beziehungsweise durch chemische Reagentien derart behandelt werden, daß sie die erwünschten Zustandsänderungen, welche die Untersuchung fördern, herbeiführen. Das wichtigste Hilfsmittel hierzu bietet das »Tingiren«, d. h. das Färben der Präparate, wodurch ihre Wahrnehmbarkeit ganz wesentlich erhöht wird. Dies tritt insbesondere in jenen Fällen ein, wenn ganz bestimmte Formbestandtheile oder — wie bei den bakteriologischen Untersuchungen — die zu beobachtenden Mikroorganismen allein für sich die Färbung annehmen und dadurch von ihrer Umgebung deutlich abgeschieden werden. Handelt es sich um die Formbestandtheile von Geweben, so bewirken die Farbstoffe eine in höherem Grade sichtbare Gliederung der ersteren, was überall



Vorgang bei der mikroskopischen Untersuchung eines lebenden Fisches.

dort von großem Werth ist, wo es sich um Zusammenhang complicirter Gewebselemente handelt.

Die einfachste Art der Präparation — insbesondere bei pflanzlichen Objecten — ist die, daß man denselben kleine Partikelchen entnimmt. Dies ist in vielen Fällen ohne weiteres mittelst eines scharfen Taschenmessers (bei weicheren Objecten mittelst eines Rasirmessers) zu bewirken. Bei Blättern, deren Epidermis man untersuchen will, reicht auch eine Scheere aus. Bei Quer-, Längs- und Tangentialschnitten von dünnen Zweigen, Blatt- und Blüthenstielen, sowie manchen anderen Formbestandtheilen, müssen die Schnitte möglichst dünn ausfallen, damit eine zu sehr hervortretende Plastik die Beobachtung nicht hindere. Um hierbei starkes Andrücken zu vermeiden, weil andernfalls die ungemein zarten Zellcomplexe desformirt werden, ihr Inhalt in Unordnung geräth und das so gewonnene Präparat undeutlich wird.

Da derlei Präparate, welche man Schnittpräparate nennt, in histologischen Untersuchungen eine große Rolle spielen, hat man besondere Apparate construirt, mit deren Hilfe es möglich ist, nicht nur ungemein zarte und correcte Schnitte, sondern ganze Serien derselben herzustellen. Die letzteren sind deshalb von großer Wichtigkeit, weil sie in ihrer Aufeinanderfolge den ganzen inneren Bau des betreffenden Objectes darlegen. Werden solche, Serienschnitte genannte Präparate nach den drei Dimensionen des Raumes (Länge, Breite und Tiefe) hergestellt, (wozu selbstverständlich drei Exemplare desselben Objectes nothwendig sind), so erhält man einen ganz untrüglichen Einblick in die Structur des untersuchten Gegenstandes. Die vorstehend erwähnten Apparate nennt man Mikrotome, unter welchen das Doppelmesser von Prof. Valentini das einfachste ist, trotzdem aber in den meisten Fällen ganz gute Dienste leistet. Dasselbe besteht aus zwei parallelen Klingen, deren Entfernung von einander durch eine entsprechende Vorrichtung (Coulisse oder Stellschraube), welche aus der beistehenden Abbildung zu entnehmen, regulirt wird. Nach vollführtem Schnitte verbleibt das betreffende Scheibchen zwischen den beiden Klingen. Diese werden sodann durch Aufdrehen der Stellschraube geöffnet und das Scheibchen herausgenommen.

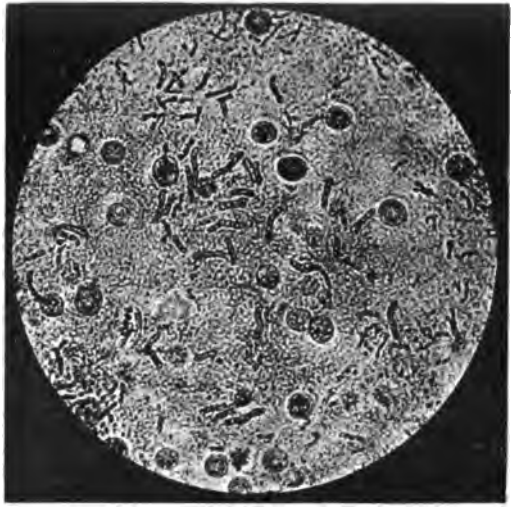
Valentini's Doppelmesser.

Für ganz besonders feine Schichten reicht das Valentini'sche Messer indeß nicht aus und treten an dessen Stelle Apparate von zum Theil sinnreichster Einrichtung. Die Mikrotome sind diejenigen unter den Hilfsapparaten für Mikroskopie, welche in Bezug auf ihre zweckmäßige Construction bisher die meisten Schwierigkeiten in den Weg stellten. Kein Wunder also, daß man diesfalls sehr von einander abweichende Typen in die Hand bekommt, und daß viele Werkstätten die Frage, welche Construction allen an sie zu stellenden Anforderungen am besten entspricht, derzeit noch als eine offene betrachten.

Im Nachfolgenden sind einige Mikrotome beschrieben, von welchen die zwei ersteren älteren Constructionen angehören, während der dritte Apparat erst in allerjüngster Zeit erdacht worden ist. Das Zeiß'sche Mikrotom älterer Construction besteht aus einer polirten runden Glasplatte von 80 Millimeter Durchmesser, von zwei Säulen auf schwerem Messingfuß getragen, an welcher das Messer aus freier Hand geführt wird. Das zu schneidende Object wird in eine Messinghülse eingebettet und durch eine Schraube mit getheilter Trommel und einer centralen Durchbohrung der Platte über deren Oberfläche hervorgeschoben. Die Theilung der Trommel giebt die Verschiebung in Hundertel Millimetern an, d. h. es können Schnitte von der Dicke eines Hundertels Millimeter hergestellt werden. Das Schneiden erfolgt aus freier Hand mittelst eines scharfen Rasirmessers.

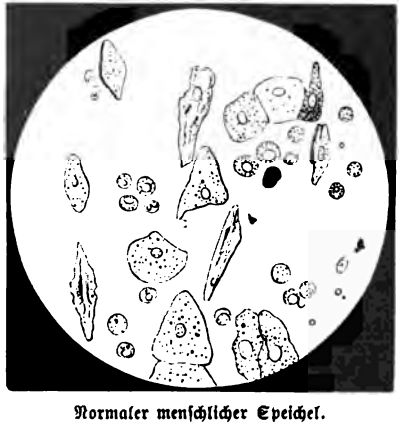
Da dieses Verfahren unter Umständen sein Mißliches hat, wird diesem Apparate vielfach ein anderer vorgezogen, bei dem das Messer festsitzt, das Object hingegen durch eine dementsprechende mechanische Einrichtung an die Schneide des

Milchsaurer Kalk.

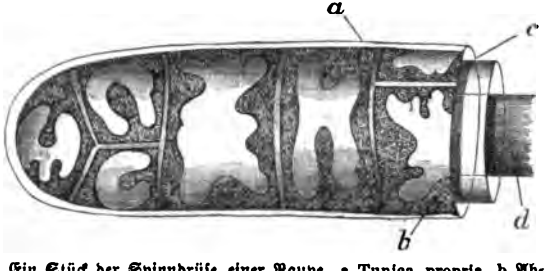


Tuberkelbacillen im Sputum (Auswurf) eines Tuberculösen.

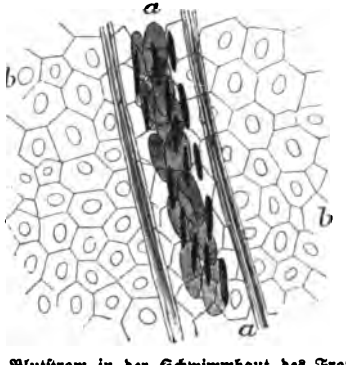
Benzoësäure.



Normaler menschlicher Speichel.



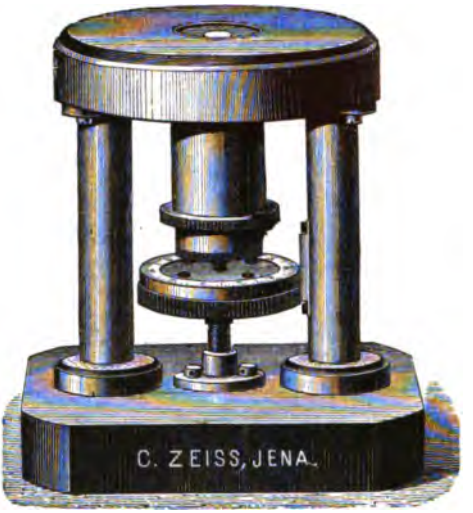
Ein Stück der Spinndrüse einer Raupe. a Tunica propria, b Absonderungszellen mit ihrem verästelten Kern, c Cuticula, d Absonderungsfaden.



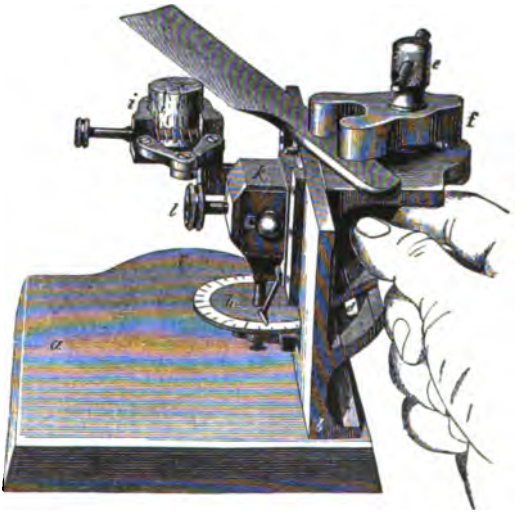
Der Blutstrom in der Schwimmhaut des Frosches nach Wagner. a Gefäß, b Epithelialzellen des Gewebes.

Mikroskopische Objecte.

Meſſers herangebracht wird. Dieſer Apparat iſt untenſtehend abgebildet. Das Meſſer wird mittelſt der Klemme f auf den Schlitten d durch die Klemmſchraube e in beliebiger Richtung befeſtigt. Die Neigung der Schnitte läßt ſich in verticaler Richtung durch Stellſchrauben an der Aufbahrplatte für das Meſſer juſtiren. Bei i iſt eine zweite Klemme für Einſpannung des Objectes angebracht, welch letzteres nach verſchiedenen Richtungen nach Belieben hin- und hergeſchoben werden kann, und Drehung um zwei zueinander ſenkrechte Achſen, um die Neigung des Präparates für Radialſchnitte verändern zu können. Das Präparat kann vermittelſt der Trommel h um je ein Hundertſtel Millimeter gehoben oder geſenkt werden, und kann die Schnittſtärke an dem Theilkreiſe der Trommel in $^1/_{100}$ Millimeter abgeleſen werden. Iſt ein Schnitt gemacht, ſo wird bei der Rückführung das Meſſer durch Federdruck gehoben, wobei eine Berührung des Präparates und eine Veränderung von deſſen Juſtirung vollkommen vermieden wird. Man kann auch an die Stelle der Zange i einen Gefrierapparat, beſtehend aus einem dünnwandigen Metallkäſtchen, einſetzen, in welchem man durch Vermittelung eines entſprechenden Apparates, durch welchen verdampfender Aether in das Käſtchen geleitet wird, ein aufliegendes Object raſch zum Gefrieren bringen und während deſſen mit dem Mikrotome ſchneiden kann. Das Inſtrument iſt beſonders für feine Pflanzenſchnitte geeignet.



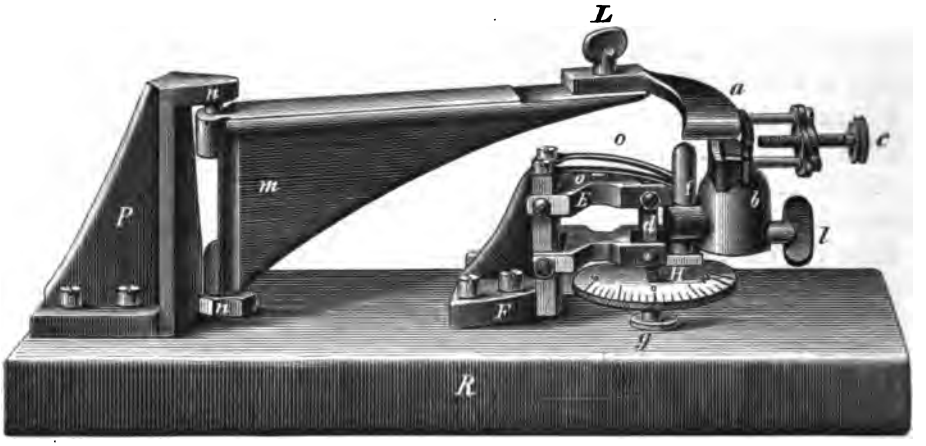
Mikrotom älterer Conſtruction.



Körting's Mikrotom.

Der neueſte Apparat iſt das Patent-Mikrotom von A. Fromme (Vertreter der Zeiß'ſchen Werkſtätte in Wien). Der Conſtructeur bedurfte langer Jahre, um endlich eine Idee zu verwirklichen, die als die gelungenſte auf dieſem Gebiete betrachtet werden kann. Das Fromme'ſche Mikrotom iſt ganz eigenartig und

unterscheidet sich von den bisherigen Instrumenten dieser Art durch die Bewegung zwischen Spitzen oder auch Achsen gegenüber denen mit Schlittenbewegung. Das Instrument gewinnt dadurch einen hohen Grad von Einfachheit, der ein sicheres und rasches Arbeiten ungemein fördert. Wie auf nachstehender Abbildung zu ersehen, ist das bogenförmige Messer an den sich zwischen den Spitzen n n leichtbewegenden Consolarm m durch die Klemmschraube L befestigt, und nimmt beim Führen des Armes m eine kreislaufende Bewegung an. Der Objecthalter a hat ein Kugelcharnier b und ist zwischen den acht Schraubenspitzen, welche sich in den Gabelstücken E befinden, durch die Mikrometerschraube g auf- und abzuheben. Die Scheibe H ist in 50 gleiche Theile getheilt, jeder Theil entspricht $^1/_{100}$ Millimeter; $^5/_{1000}$ Millimeter sind leicht ablesbar. Die Scheibe hat bei jedem Theilstriche seit-



Fromme's neuestes Patent-Mikrotom.

lich eine Einkerbung, in welche eine Feder einschnappt. Hierdurch ist es ermöglicht, die Dicke der Schnitte nach dem Gehör zu bestimmen.

Die Vorzüge dieser Construction sind ganz namhafte. Zunächst ist zu constatiren, daß die Führung des Messers und des Präparatenhalters ungemein sicher, leicht und genau ist. Ferner kann das Messer bei harten Präparaten nicht in die Höhe klappen, was bei den Mikrotomen mit Schlittenführung häufig vorkommt, da die Messerklinge eben elastisch biegungsfähig ist. Als ein weiterer Vortheil ist hervorzuheben, daß der Präparatenhalter ganz unabhängig von den übrigen Bestandtheilen des Instrumentes ist, so daß man unbehindert arbeiten kann, ohne mit dem Messer in Berührung zu kommen. Bei den Mikrotomen, deren Messercontrole auf der Achse läuft, ist durch die Drehung um die Achse der Schnitt nach einer Richtung ermöglicht, was namentlich bei ganz feinen Präparaten von größter Wichtigkeit ist, da eine Rückwärtsbewegung des Messers, wobei das Object gedrückt oder verzerrt werden kann, nicht nöthig ist. An dem neuen Fromme'schen

Patent-Mikrotom können sämmtliche Nebenapparate (z. B. der Gefrierapparat) leicht angebracht werden. Eine Reinigung der Bewegungen ist fast nie erforderlich. Um beim Scheiden saftiger Objecte die anderen Theile des Apparates vor dem Beschmutzen zu schützen, stellt man unter die Klemme ein Blechgefäß. Da das neue Mikrotom außerordentlich einfach construirt ist, stellt sich naturgemäß der Preis wesentlich niedriger als der der bisherigen Constructionen.

Gewisse Objecte, d. h. solche, die eine größere Widerstandskraft besitzen, können ohne weitere Vorbereitung mit dem Mikrotom behandelt werden. Anders gestaltet sich die Sache, wenn man von sehr zarten und weichen, dem Zerdrücken ausgesetzten Objecten Schnitte zu machen hat. In diesem Falle ist es unerläßlich, das Präparat einer Behandlung zu unterziehen, durch deren Beihilfe der beabsichtigte Zweck erreicht wird. Mit anderen Worten, man muß das Präparat versteifen. Dies geschieht in der Weise, daß letzteres in eine leicht schmelzbare Masse eingebettet wird. Diese Masse ist das Paraffin. Man schneidet sich zuvörderst ein Stück davon in Würfelform zurecht — so groß, daß es beispielsweise in die Klemmvorrichtung des weiter oben beschriebenen Körting'schen Mikrotoms sich einfügen läßt — umgiebt sodann diesen Block ringsum mit einem Papierstreifen, und zwar derart, daß nach oben hin ein etwa 3 Centimeter hoher Rand entsteht. Das Papier wird mittelst eines Fadens an den Würfel festgebunden. In den solcherart gebildeten Hohlraum stellt man den in Behandlung zu nehmenden Gegenstand aufrecht hinein und gießt nun ersteren mit flüssigem, auf etwa 60° C. erhitztem Paraffin aus. Es ist zu bemerken, daß das Object eine Zeit hindurch in diesem flüssigen Paraffin gelegen haben muß, nachdem man es zuvor mit Terpentinöl imprägnirt hat. Auf die Reihenfolge dieser Proceduren hat man genau zu achten.

Nachdem man das derart vorbereitete Präparat durch einige Stunden hat stehen lassen, kann mit dem Schneiden begonnen werden. Selbstverständlich kommt jetzt nicht mehr der in die Klemmvorrichtung eingesetzte Grundblock, sondern die erstarrte, das Object enthaltende Einbettungsmasse in Betracht und hat man demgemäß diese in der Art einzustellen, daß der oberste Theil gerade in das Niveau der Messerschneide zu stehen kommt. Nachdem ein erster abglättender Schnitt vollführt ist, beginnt man mit dem eigentlichen Schneiden. Es hängt natürlicherweise davon ab, von welcher Dicke die Schnitte sein sollen. Das äußerste Maß der Dünnheit ist, wie bereits erwähnt, $^1/_{100}$ bis $^2/_{100}$ Millimeter. Die Möglichkeit, solch dünne Schnitte herzustellen, erscheint dem Laien unfaßlich. Und dennoch ist es weiter gar kein Kunststück und fallen die Schnitte vorzüglich aus, wenn man es nur nicht an der nothwendigen Sorgfalt fehlen läßt. Im Uebrigen wird man in den meisten Fällen mit Schnitten von etwa $^1/_{50}$ Millimeter sein Auslangen finden. Ein jeder solcher Schnitt wird mit der Präparirnadel am Rande der Paraffinscheibe angestochen und auf die Seite gelegt. Man hat selbstverständlich darauf zu achten, daß die Schnitte genau in der Reihenfolge nebeneinander zu liegen kommen, in welcher sie hergestellt wurden, da auf diese Reihenfolge eben Alles ankommt. Sollten Schnitte

von größerem Durchmesser das Bestreben zeigen, sich einzurollen, so trachtet man dies dadurch zu verhindern, daß man auf die Schnittfläche, während das Wasser unter derselben hindurchgeht, mit einem feinen, trockenen Pinsel niederdrückt. Es giebt übrigens besondere Vorrichtungen, welche das Einrollen verhindern. Man nennt sie Schnittstrecker. Wer sich eines solchen bedienen will, erhält mit dem Instrumente die Gebrauchsanweisung. Für Liebhaber der Mikroskopie ist der Schnittstrecker durchaus entbehrlich — im Großen und Ganzen auch das Mikrotom. Viele Fachgelehrte versichern, daß sie durch einfachen Handgebrauch eines sehr scharfen Rasirmessers, ohne irgend welche weitere Vorrichtung, befriedigend dünne Schnitte erzielen. Man erspart damit viel Zeit. Auch hat man hinterher nicht nöthig, von den einzelnen Schnitten das Paraffin zu entfernen (es wird mit einigen Tropfen Benzin auf dem Objectträger weggewaschen), weil eine Einbettung nicht stattgefunden hat.

Die hergestellten Schnitte werden sodann zu sogenannten Serienpräparaten vereinigt. Man geht hierbei nach einer Methode vor, welche zuerst von Dr. W. Giesbrecht angegeben worden ist. Zu diesem Ende wird eine Anzahl Objectträger auf deren einer Seite mit Schellack überzogen, und zwar möglichst dünn und gleichmäßig, was am leichtesten zu erreichen ist, wenn man einen Glasstab in eine gut filtrirte Lösung von möglichst hellem Schellack und absolutem Alkohol taucht, denselben der Länge nach an den vorher erwärmten Objectträger anlegt und ihn dann ein- bis zweimal über die Fläche des letzteren hinführt. Den erforderlichen Grad der Erwärmung bestimmt man sehr zweckmäßig nach dem Zeitpunkte, wo die Schicht Wasserdampf, welche erscheint, wenn man den gereinigten Objectträger über die Spiritusflamme bringt, wieder verdunstet ist. Dies tritt alsbald ein, wenn man die Glasplatte zwei- bis dreimal rasch über der Flamme hin- und herbewegt hat.

Um nun die Serienpräparate herzustellen, wird eine Anzahl von Schnitten genau in ihrer Reihenfolge auf einen Objectträger gebracht. Die Stellen, auf welche die Präparate zu liegen kommen, müssen vorher mit Nelkenöl schwach benetzt werden. Ist ein Objectträger auf diese Weise belegt, so wird er flüchtig über einer Spiritusflamme so lange erwärmt, bis der Geruch des Nelkenöls zu verschwinden beginnt. In der Zwischenzeit hat sich der geschmolzene Schellack mit den einzelnen Schnitten verbunden, so daß nach erfolgtem Kaltstellen die Präparate auf dem Objectträger fest aufgekittet sind. Den Schluß der Manipulation bildet ein Bad in Terpentinöl in einer flachen Schale, um die etwa noch vorhandenen Paraffinreste (vorausgesetzt, daß eine solche Einbettungsmasse verwendet wurde) zu entfernen. Das Bad hat etwa eine Viertelstunde zu dauern. Hierauf wird ein Dauerpräparat nach herkömmlichem Verfahren hergestellt. Wir kommen alsbald darauf zurück.

Zuvor noch einige Worte über die Imbibitions- und die Injectionspräparate. Für wissenschaftliche Zwecke empfiehlt es sich, die Präparate, bevor sie zum dauernden Gebrauche hergestellt werden, zu färben. Das Verfahren ist sehr umständlich und wird von Liebhabern der Mikroskopie schwerlich häufig ausgeführt

werden, da die Manipulation mit Chemikalien nicht Jedermanns Sache ist. Es erscheint also überflüssig, hier eine Anleitung nach den gangbaren Methoden zu geben, da sie dem Laien, wie gesagt, nicht dienlich ist, der Fachmann aber selbstredend nicht nach einem populären Buche greifen wird, um sich streng wissenschaftliche Belehrung zu holen. Anders aber stellt sich die Frage, wenn man Mittheilungen hierüber lediglich als ein Mittel zur Orientirung, also ohne praktische Folgerungen und vornehmlich zur theoretischen Information vorbringt. Dadurch wird jene Lücke, welche den Freund der Mikroskopie und kenntnißreichen Laien vom Berufsgelehrten trennt, wenigstens formal überbrückt.

Die Imbibitionspräparate verfolgen den Zweck, gewisse Structurverhältnisse durch Färbung deutlich hervortreten zu lassen. Sie werden hauptsächlich in der Bakteriologie angewendet, da hier die zu untersuchenden Mikroorganismen vielfach erst durch Tinction von ihrer Umgebung deutlich sich loslösen. Der geniale »Bacillen-Entdecker« Prof. Dr. Robert Koch spricht sich über diesen Gegenstand wie folgt aus: »Das Wichtigste bei der Bakterienfärbung ist, daß die bakterienhältige Flüssigkeit in sehr dünner Schicht auf dem Deckglase eingetrocknet wird, um die Bakterien in einer Ebene zu fixiren; daß diese Schicht mit Farbstoffen behandelt und wieder aufgeweicht wird, um die Bakterien in ihre natürliche Form zurückzuführen und deutlicher sichtbar zu machen; daß das gewonnene Präparat in conservirende Flüssigkeiten eingeschlossen und schließlich zur Herstellung von naturgetreuen Abbildungen photographirt wird. Die Substanz ist stets in einer so dünnen Schicht auszubreiten, daß die Bakterien sich nicht drücken, sondern von einander durch kleinere oder größere Zwischenräume getrennt liegen. ... Bringt man ein mit getrockneter Bakterienschicht versehenes Deckglas in destillirtes Wasser oder Glycerin, dann löst sich die Schicht schnell auf und wird vom Glase fortgeschwemmt. Für sich allein genommen sind daher diese Flüssigkeiten zur weiteren Präparation der Bakterienschicht zu gebrauchen. Durch Einlegen des Gläschens in absoluten Alkohol, noch besser in eine Lösung von Chromsäure (0·5%), läßt sich die Schicht unlöslich in Wasser und Glycerin machen; aber eine unerwünschte Nebenwirkung dieser erhärtenden Flüssigkeiten besteht darin, daß die Schleimhülle der Bakterien nicht mehr aufquellt und deswegen die Bakterien, fest am Glase angepreßt oder in die coagulirte Grundsubstanz eingebettet, ihre natürliche Größe nicht wieder annehmen können. Als ein Mittel, um die Schicht wieder aufzuquellen, ohne daß sie sich vom Glase ablöst, hat sich eine Lösung von essigsaurem Kali (1 Theil auf 2 Theile destillirten Wassers) erwiesen. Die Bakterien nehmen in derselben vollkommen ihre ursprüngliche Form wieder an, werden aber blasser und durchsichtiger, als sie waren.«

Was nun die Farbstoffe selbst anbelangt, berichtet Dr. Koch weiter: »Die verschiedensten Farbstoffe, welche in der Mikroskopie und in der Färberei benützt werden, habe ich versucht, aber von allen eignen sich die Anilinfarbstoffe am besten zur Färbung der Bakterien. Letztere nehmen die Anilinfarben mit einer solchen Sicherheit, so schnell und reichlich auf, daß man alle diese Farben als

Reagens zur Unterscheidung der Bakterien von krystallinischen oder amorphen Niederschlägen, auch von feinsten Falltröpfchen und anderen kleinsten Körpern benützen kann. Außerdem wirken die Anilinfarben in ihren wässerigen Lösungen ganz ähnlich wie das essigsaure Kali, indem sie die Schicht aufweichen, aber nicht vom Glase ablösen. Unter den Anilinfarben habe ich anfangs nur die im Wasser löslichen benützt und zwar vorzugsweise Methylviolett und Fuchsin. Die übrigen, namentlich Safranin, Gelb, Eosin, Orange, Methylgrün, Jodgrün, Blau, färben nicht so kräftig und sind auch nicht beständig. Für einzelne Objecte eignet sich Fuchsin besser, da es nicht so intensiv färbt, wie Methylviolett. Gewöhnlich jedoch giebt das letztere die besten Resultate.«

Die Tinction selbst geschieht (nach Koch's Verfahren) auf folgende Weise. Von einer concentrirten spirituösen Lösung des Methylviolett oder Fuchsin werden einige Tropfen zu 15 bis 20 Gramm destillirtem Wasser gesetzt, so daß sich letzteres intensiv färbt. Hiervon bringt man mit einer kleinen Pipette einige Tropfen auf die zu färbende Bakterienschicht und hält die Flüssigkeit auf dem Deckglase durch Drehen desselben in beständiger Bewegung. Nach einigen Secunden wird das Deckglas so schräg gehalten, daß die Anilinlösung an den Rand fließt und die Bakterienschicht frei wird. An der mehr oder weniger blauen Farbe der letzteren erkennt man dann leicht, ob sie schon genügend gefärbt ist oder nicht. In letzterem Falle läßt man die Farbe von Neuem darüber hinfließen, bis die gewünschte Färbung erreicht ist. Wenn die Anilinlösung zu schwach ist, löst sich die Bakterienschicht vom Glase ab; ist sie zu stark, dann färbt sie die Grundsubstanz, welche die Bakterien umgiebt, zu intensiv, so daß sich letztere zu wenig von ihrer Umgebung abheben. In einem gelungenen Präparate soll aber nach der Färbung die Grundsubstanz kaum zu bemerken, die Bakterien dagegen müssen kräftig gefärbt sein. Mit anderen Farben wird zum Theil anders verfahren. Wir können indeß in diese Details nicht näher eingehen.

Bei den sogenannten Injectionspräparaten handelt es sich darum, die einzelnen Formbestandtheile oder Structurverhältnisse mit verschiedenen Farben zu färben, was namentlich bei Muskelfaser- und Nervenpräparaten zu deren Deutlichkeit ungemein beitrüge. Man hat alsdann ein ganzes Netz von mehrfarbigen Fäserchen vor sich, die, mögen sie noch so verschlungen sein, dennoch deutlich verfolgt werden können und Irrungen oder Täuschungen völlig ausschließen. Auch dieses Verfahren, welches mittelst besonderer Injectionsapparate durchgeführt wird, erfordert streng fachwissenschaftliche Kenntnisse, so daß wir sie füglich übergehen können. Zur eingehenden Ortentirung empfiehlt sich diesfalls ein Werk über klinische Mikroskopie, etwa das ausgezeichnete Handbuch von Dr. G. Bizzozero, das auch in deutscher Sprache (Erlangen, 1883) erschienen ist.

Wir kommen nun auf jene Manipulationen zu sprechen, welche für den Laien von größtem Interesse sind, nämlich auf die Herstellung der sogenannten Dauerpräparate. Wir haben bereits früher einmal erwähnt, daß die käuflich erworbenen

Präparate ein ausgezeichneter Studienbehelf für den angehenden Mikroskopiker sind, daß aber nach deren wiederholter Durchmusterung, wobei sich ja der Beobachter ganz passiv verhält, eine gewisse Ermüdung und Gleichgiltigkeit eintritt. Für manchen Anfänger war das die Klippe, an der sein ursprünglicher Eifer Schiffbruch litt. Diese Erscheinung hat durchaus ihre Berechtigung, da ja bei der Beobachtung solcher Präparate weit mehr Schaulust, als ein tieferer Lerntrieb befriedigt wird.

Wesentlich anders stellt sich die Sache, wenn der Jünger der Mikroskopie als forschender und activ arbeitender Experimentator ganz nach eigenem Ermessen handelt, zunächst allerhand Untersuchungen an lebenden Präparaten — ob nun an Mikroorganismen oder selbstgefertigten Schnittpräparaten — anstellt, dieselben mit vorhandenen Dauerpräparaten oder zuverlässigen Abbildungen (am besten eignen sich die Photogramme, von welchen weiterhin noch die Rede sein wird) vergleicht und schließlich von denjenigen Objecten, denen er Werth zumißt, sich selber Präparate herstellt. Die Kenntniß aller hierzu nöthigen Hantirungen, ein ausreichendes Sortiment von Utensilien (Präparirbestecke, Tropfgläschen, Glasstäbchen, Zusatzflüssigkeiten und etliche Chemikalien nebst Eprouvetten) und einige Geduld und Sorgfalt sind die wichtigsten Vorbedingungen. Wer die vorangegangenen Auseinandersetzungen sich zu eigen gemacht hat, wird nach kurzer Uebung vollständig der seiner harrenden Aufgabe Herr werden, und zwar um so leichter, als das hierbei einzuschlagende Verfahren eigentlich immer dasselbe ist.

Hat man sich irgend ein Object — um zunächst die leitenden Gesichtspunkte zu berühren — hergerichtet, von dem man ein Dauerpräparat besitzen möchte, so bringt man dasselbe auf den Objectträger, um dasselbe »einzuschließen«. Als gewöhnliches Einschlußmittel wird Canadabalsam verwendet. Ist das Präparat wasserhältig, so muß es durch Einlegen in Alkohol — vorausgesetzt, daß diese Procedur nicht chemisch auf die Structur des Präparates wirkt — entwässert werden, was je nach Umständen länger oder kürzer dauern wird. Hier muß die Beobachtung von Fall zu Fall entscheiden. Trockene Präparate (Formbestandtheile von Insecten, Schuppen von Schmetterlingsflügeln, Haare ꝛc.) können ohne weiteres eingeschlossen werden. Der Canadabalsam muß in verdünntem Zustande angewendet werden, und empfiehlt sich am besten eine Lösung von Balsam in Chloroform (oder Schwefeläther) zu gleichen Theilen. Der einzuschließende Gegenstand wird nun mittelst eines Stäbchens, das man in die erwähnte Lösung eintaucht, derart befeuchtet, daß er von dem Einschlußmittel vollkommen umgeben ist. Man hat darauf zu achten, daß letzteres vom Stäbchen leicht abtropft und nicht etwa Fäden zieht. Nach erfolgtem Einschluß wird das Deckplättchen aufgelegt. Es empfiehlt sich, mittelst der Präparirnadel einen leisen Druck auf das Deckgläschen auszuüben, damit das überschüssige Einschlußmittel am Rande desselben hervorquelle. Auch die etwa eingeschlossenen Luftbläschen rücken unter den Rand des Deckglases hervor, so daß man ein vollständig klares und reines Präparat erhält. Das Einschlußmittel erhärtet

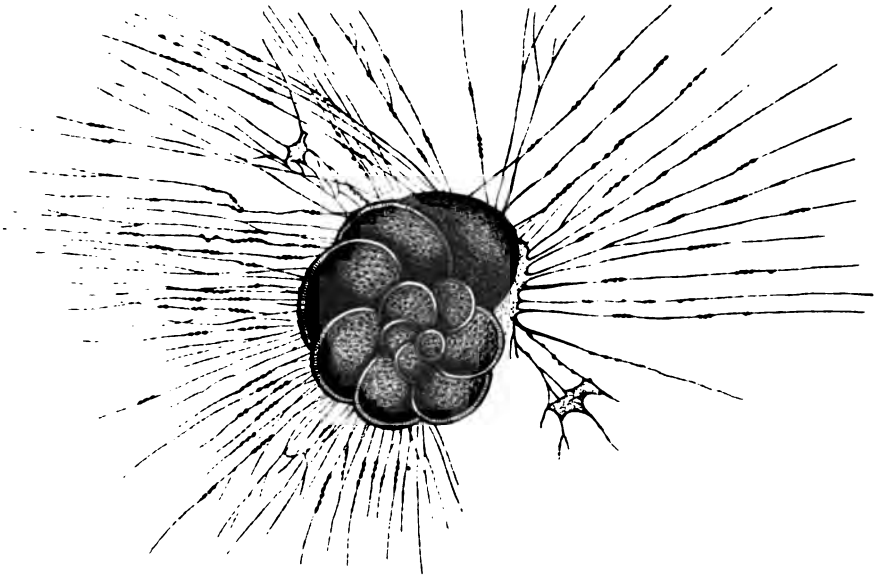
sehr bald und das Dauerpräparat ist fertig. Eine weitere Zurichtung ist nicht nothwendig. Vorsichtshalber belasse man den Objectträger durch einige Tage in horizontaler Lage, damit am Präparat keine Verschiebung oder Schrumpfung eintrete.

Für wasserhältige Präparate, die sich nicht wasserfrei machen lassen, sollen sie nicht verdorben werden, verwendet man als Einschlußmittel Glycerin-Gelatine. Zieht man es nicht vor, dieses Mittel fertig zu erwerben, so kann man sich ohne weiteres mit dessen Herstellung selber befassen. Hierzu hat man etwa 30 Gramm völlig reine farblose Gelatine in 100 Gramm Wasser zu setzen, um erstere zum Quellen zu bringen. Man kocht diese Mischung auf, filtrirt sie und stellt sie in ein Wasser-

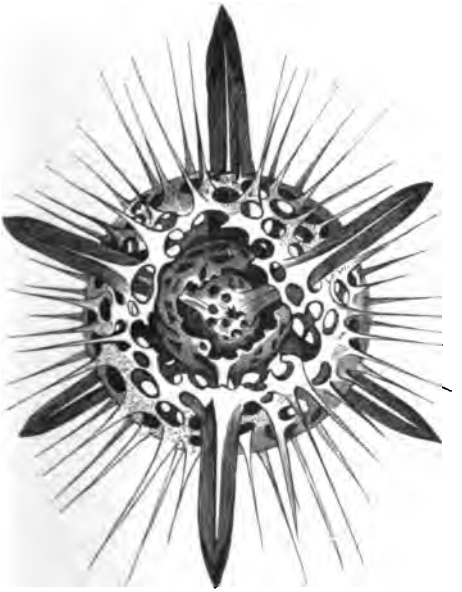
Montirung des Präparates mittelst Lackring.

bad, damit sie sich kläre. Hierauf wird die oberste, ganz klare Schicht mittelst einer Pipette abgezogen und zu dem Quantum (Volumen), welches man erhält, etwa die Hälfte desselben reines Glycerin zugesetzt. Um das Einschlußmittel vor Schimmel zu bewahren, giebt man einige Tropfen Carbolsäurelösung hinzu. Die solcher Art hergestellte Masse erhärtet, so daß man sie zum Dauergebrauche bereitstellen kann. Bei jedesmaliger Verwendung kann man die Masse entweder in warmem Wasserbade verflüssigen, oder man bringt ein Bröckchen derselben auf den Objectträger und erwärmt diesen über einer Spiritusflamme, bis das erstere zerflossen ist. Hierauf legt man das Präparat in die Flüssigkeit hinein.

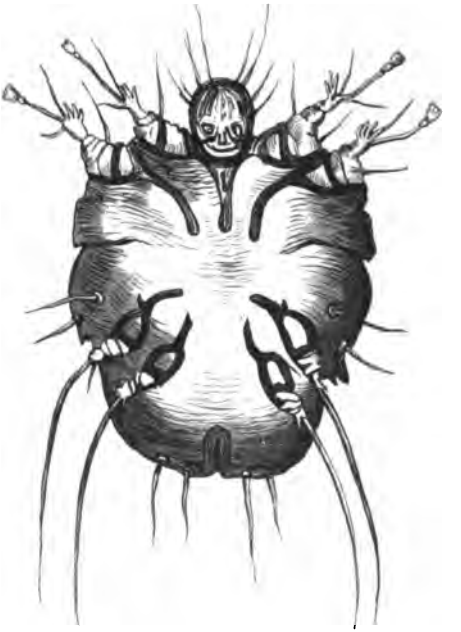
Ein Uebelstand bei diesem Einschlußmittel ist der, daß die sich etwa bildenden Luftbläschen nicht, wie beim Canadabalsam, unter dem Rande des Deckgläschens



Foraminifere. Rotalia veneta. (Nach F. N. Schultze.)



Gehäuse einer Radiolarie. Actinoma asteraeanthion. (Nach E. Haeckel.)



Krätzmilbe des Menschen, ausgewachsenes Weibchen. (Sarkophes scabiei.)

vorrücken, sondern im Mittel verbleiben. Auch hier kann man nachhelfen, wenn man das Deckgläschen mit leichten kleinen Gewichten belastet. Nach erfolgter Erstarrung des Einschlußmittels entfernt man die um den Rand des Deckgläschens hervorgedrungene Gelatine durch Schaben mittelst eines Federmessers oder Scalpells. Zur Aufbewahrung der Präparate bedient man sich besonderer Kästchen, welche entweder in Buchform oder in Etuisform hergestellt werden.

In einzelnen Fällen stellt sich die Nothwendigkeit ein, von der vorstehend beschriebenen Art der Präparirung abzuweichen. Durch Uebung und fortgesetztes Arbeiten wird man bald das jeweilig einzuschlagende Verfahren herausfinden. Infusorien werden beispielsweise am besten auf folgende Weise präparirt. Nachdem man mittelst eines Pinsels ein wenig sehr feinen schwarzen oder braunen Lack auf den Objectträger gebracht und einen der Größe des zu verwendenden Deckgläschens entsprechenden Raum entweder rund oder viereckig abgegrenzt hat, setzt man mittelst der Pipette einen Wassertropfen aus dem Culturglase in jene »Lackzelle«. Nun wird das Deckgläschen aufgesetzt und dessen Rand mit einem Tropfen rectificirtem Holzessig bestrichen. Durch das Eindringen desselben in das Wasser werden die Thierchen getödtet, ohne daß sie eine Formveränderung erleiden. Hierauf wird das Deckglas leicht in die Lackeinfassung eingedrückt. Um ganz sicher einen luftdichten Verschluß zu erzielen, empfiehlt es sich, nach Entfernung alles hervorgequollenen Wassers, eine Ueberlackirung des Deckglasrandes vorzunehmen.

Kleiner Süßwasserpolyp.

Ein sehr interessantes Präparat bilden die kleinen Süßwasserpolypen, die man überall in unseren Teichen, besonders dort, wo viel Wasserlinsen auftreten, vorfindet. Sie werden $^1/_2$ bis 1 Centimeter lang, so daß man sie in einer größeren feuchten Kammer gut beobachten kann. Die Objecte selbst verschafft man sich am besten dadurch, daß man eine Quantität Wasserlinsen in ein großes mit Flußwasser angefülltes Glas bringt und einen bis zwei Tage stehen läßt. Nach Verlauf dieser Zeit wird man wahrnehmen, daß sowohl auf dem Boden als auf der Wand des Glases kleine pinselförmige Gebilde sich vorfinden. Es sind die gesuchten Armpolypen (Hydeen). Man bringt sie mittelst eines Scalpells in die feuchte Kammer oder in ein kleines, genügend geräumiges Schälchen, um die Untersuchung vorzunehmen. Bringt man infusorienhältiges Wasser in das Schälchen, so wird der kleine Gefangene alsbald eine erstaunliche Freßlust entwickeln. . . . »Sieht man längere Zeit zu, so

bemerkt man, daß sie nach und nach ihre Fangfäden zu einer kaum glaublichen Länge ausdehnen, und daß sich die Enden derselben gleichsam zu ganz zarten Härchen verdünnen. In dieser Stellung warten sie geduldig, bis sich ein großes Infusorium oder ein kleiner Wasserfloh in ihre unmittelbare Nähe verirrt. Eine ausgezeichnet feine Tastempfindung läßt sie schon von weitem die kleinen Wellen spüren, welche das schwimmende Beutethierchen im umgebenden Wasser erregt, und in einem gewissen Momente schließen sich mit großer Schnelligkeit sämmtliche acht Fangarme über dem Opfer zusammen, worauf es sofort in die trichterförmig sich erweiternde Mundöffnung hineinspedirt wird. . . . Läßt man den Polypen hungern, so wird er zusehends kleiner. Auch seine Fangfäden verkürzen sich und werden schließlich ganz aufgezehrt. Nach und nach nimmt das hungernde Thier die Form eines kleinen, grünen oder braunen Kügelchens an und zerfließt eines Tages spurlos im umgebenden Wasser.«*) . . . Es ist dies eines der merkwürdigsten Beispiele von Selbstaufzehrung, welches zugleich den Fingerzeig abgiebt, die Thierchen, will man sie untersuchen, nicht hungern zu lassen.

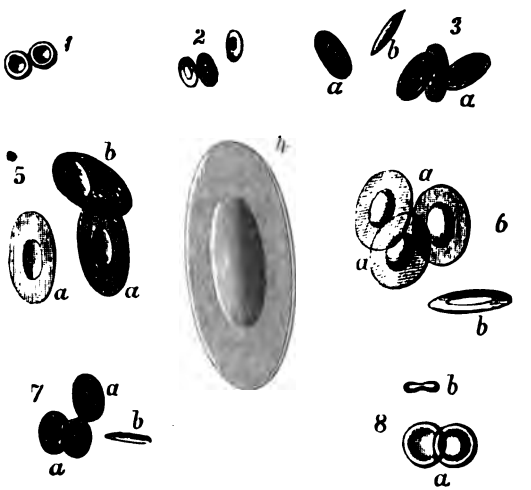
Blutkörperchen.

Soll von einem Armpolypen ein Dauerpräparat hergestellt werden, so muß dies mit großer Umsicht geschehen. In erster Linie ist bei der Tödtung der Thierchen zu verhindern, daß sie einschrumpfen, was bei allen Härtungsflüssigkeiten mehr oder weniger eintritt mit Ausnahme von Quecksilbersublimat. Man bedient sich einer gesättigten Lösung dieses Salzes in Wasser von circa 50° C. Ein 15 Minuten langes Verbleiben der Objecte in der heißen Lösung genügt zum Härten derselben. Nach genügender (etwa einstündiger) Auswässerung bringt man das Object auf den Objectträger und stellt das Präparat in der bekannten Weise fertig.

Sehr hübsche Präparate erzielt man auch mit den Blutzellen. Prüft man die anatomische Zusammensetzung des Blutes bei einer stärkeren Vergrößerung, so ergiebt sich eine wasserhelle, farblose Flüssigkeit (Plasma sanguinis), in welcher zweierlei Zellenformen auftreten: die rothen Blutzellen und die weißen Blutzellen (Lymphkörperchen). Die ersteren stellen sich als kreisrunde Scheibchen mit ausgehöhlten Begrenzungsflächen dar, gleichen also vollkommen kleinen biconcaven Linsen mit kreisförmigem Umriß. Dem entsprechend zerstreuen sie auch das Licht, welches vom Spiegel des Mikroskops durch sie hindurch zum Auge des Beobachters dringt, und zwar am Rande in beträchtlicherem Grade, als im Mittelpunkte. Die

*) Dr. O. Zacharias, »Bilder und Skizzen aus dem Naturleben«, S. 128 bis 134.

Folge davon ist, daß von den stark abgelenkten Randstrahlen nur wenige in den Tubus des Mikroskops gelangen, eine relativ viel größere Anzahl dagegen von den Centralstrahlen. Hieraus erklärt sich, daß jede farbige Blutscheibe im mikroskopischen Bilde aus einem hellen centralen Flecke und einem dunkleren peripherischen Ringe zusammengesetzt erscheint. Die Bedeutung dieses Bildes wird klar, sobald man die dünne Blutschicht unter dem Mikroskope in Bewegung setzt, was am leichtesten durch einen Druck mit der Präparirnadel auf die Mitte des Deckgläschens erreicht wird. Die Blutkörperchen, die nun über den Objectträger dahinrollen, zeigen sich in allen perspectivischen Stellungen und verräth hierbei insbesondere die Profilstellung von der Form schmaler bisquitähnlicher Stäbchen die wahre Gestalt der Blutkörperchen. Ihre Dimensionen sind außerordentlich klein; es beträgt nämlich die Dicke 0·0018 Millimeter, das Volumen 0·000000072 Kubikmillimeter, die Oberfläche 0·000128 Geviertmillimeter, das Gewicht 0·00008 Milligramm. ... Die relative Menge der farblosen (»weißen«) Blutkörperchen gegenüber den farbigen Zellen ist stets eine unbedeutende und beim Menschen in der Regel verschwindend klein, indem auf ein Tausend von den letzteren nur ein oder höchstens ein paar farblose Körperchen kommen.



Farbige Blutzellen. Bei a Ansichten von der Fläche, bei b die seitlichen. 1 vom Menschen, 2 vom Kameel, 3 von der Taube, 4 vom Olm, 5 vom Wassersalamander, 6 vom Frosch, 7 vom Schlammbeißer, 8 vom Querder (Ammocoetes).

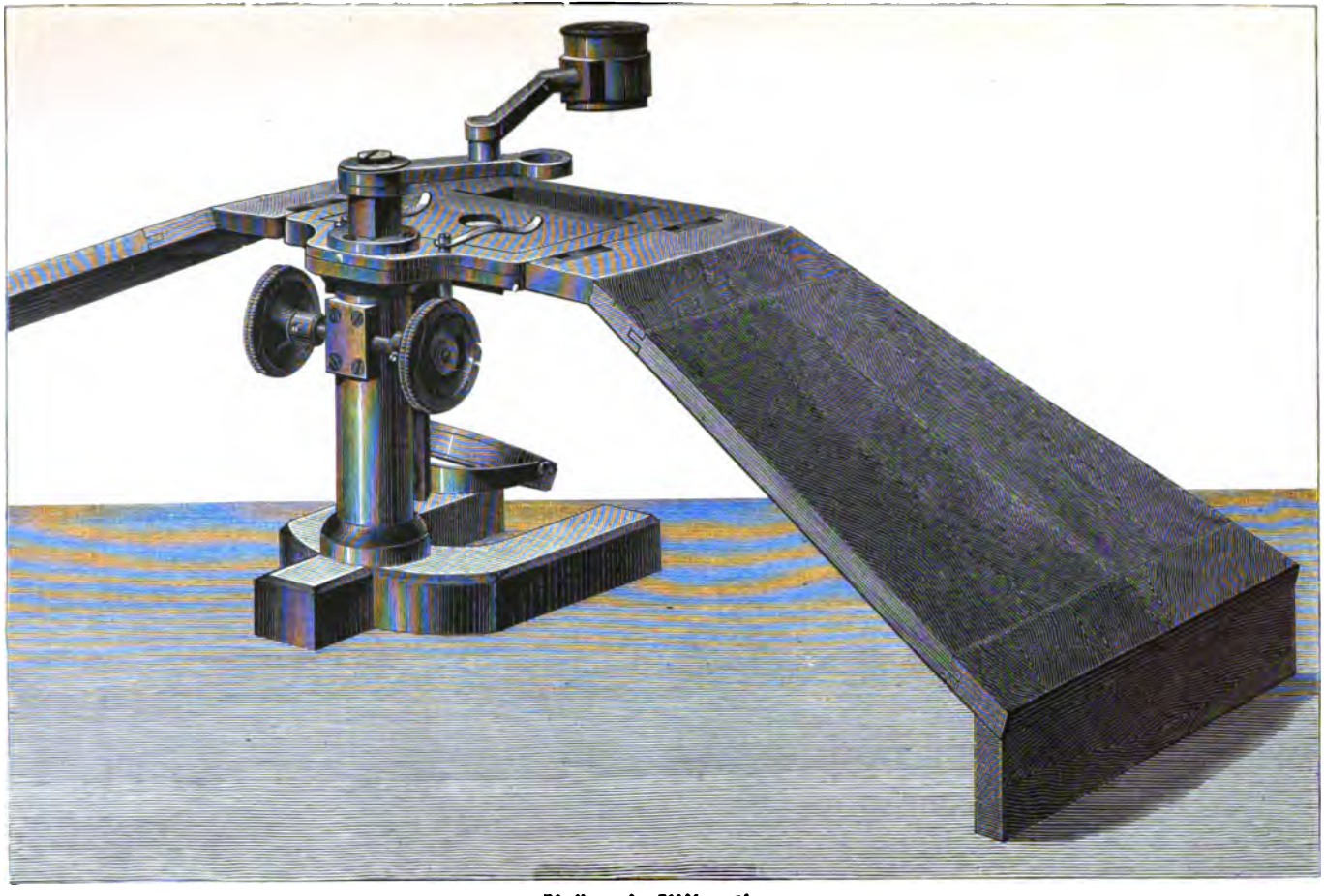
Blutkrystalle des Menschen und der Säugethiere. a Blutkrystalle aus dem Venenblut des Menschen. b aus der Milzvene, c Krystalle aus dem Herzblut der Katze, d aus der Halsvene des Meerschweinchens, e vom Hamster und f aus der Drosselvene des Eichhörnchens.

Um von Blutzellen Dauerpräparate herzustellen, verfährt man am einfachsten in der Weise, daß man ein kleines Tröpfchen Blut sehr rasch auf den Objectträger über der Spiritusflamme eintrocknen läßt. Auf den getrockneten Fleck bringt man etwas Canadabalsam und legt das Deckgläschen auf. Eine weitere Zurichtung ist nicht nöthig. — Blutkrystalle (Hämoglobin) erhält man, indem ein Tropfen Blut

auf den Objectträger zum Eintrocknen gebracht wird. Hierauf setzt man einen Tropfen Wasser hinzu, haucht das Ganze einige Male an und setzt das Deckgläschen auf. Nachdem die Flüssigkeit abgedunstet ist, bilden sich (besonders unter Einwirkung des Lichtes) die Krystalle, welche ein ungemein zierliches Aussehen haben. Aus dem Blute des Menschen und der meisten Thiere scheidet sich das Hämoglobin in prismatischen oder tafelförmigen Krystallen aus, welche dem rhombischen Systeme angehören; aus Eichhörnchenblut in hexagonalen Tafeln u. s. w. (Siehe die Abbildung Seite 103.)

Zum Schlusse müssen wir noch einige Worte über das Verfahren, welches bei der Präparation von mikroskopisch zu untersuchenden Mineralien und Gesteinen angewendet wird, vorbringen. Da sich derlei Objecte nur im durchfallenden Lichte betrachten lassen, müssen sehr feine Blättchen — sogenannte Dünnschliffe — hergestellt werden. Die betreffenden Vorrichtungen und Utensilien liefert jede bessere Lehrmittelanstalt, doch sind einige derselben — z. B. die großen Schleif- und Schneidmaschinen — sehr theuer und für den Nichtfachmann ganz und gar entbehrlich. Nothwendig dagegen ist die Vorrichtung zum Planparallelschleifen der Blättchen. Dieselbe besteht aus einer Platte von Gußeisen, welche genau plan gehobelt ist und eine Schleiffläche von circa 30 Geviertcentimeter hat. Eine Cassette mit Schleifutensilien hat zu enthalten: mehrere Sorten von Schmirgel, Zinnasche und Colophoniumkitt. Empfehlenswerth ist auch ein Präparirofen zum Kitten von Dünnschliffen, mit Weingeistlampe, Thermometer und Pincette.

Die Herstellung der Dünnschliffe erfolgt in der Weise, daß man ein Partikelchen des zu untersuchenden Minerals oder Gesteins auf der vorerwähnten Schleifplatte, auf welcher sich Schmirgel mit etwas Wasserzusatz befindet, zunächst auf der einen Seite abgerieben wird. Durch Andrücken des Partikelchens auf die Schleifplatte und kreisförmige Bewegungen ist dies in Kürze erreicht. Nun wird das Partikelchen über einer Spiritusflamme leicht erwärmt, um alles in die Poren eingedrungene Wasser zu entfernen, hierauf mit der geschliffenen Fläche auf einen Objectträger mit Canadabalsam festgekittet und dieser dem Erhärten überlassen. Sowie dies geschehen ist, erfaßt man den Objectträger und wendet ihn um, so daß das angekittete Partikelchen nach abwärts zu stehen kommt. In dieser Stellung wird nun der Schliff der anderen Seite des Partikelchens vorgenommen und zwar so lange, bis eine vollkommen plane, möglichst dünne Fläche erzielt ist. Um sehr dünne Schliffe (bis 0·02 Millimeter herab) zu erzielen, empfiehlt es sich, die letzte Schleifprocedur auf einer Tafel mattgeschliffenen Glases, wie solche eigens zu diesem Zwecke (in Rahmen) von den Lehrmittelanstalten geliefert werden, vorzunehmen. Bei der Herstellung von Dünnschliff-Präparaten, welche für mikroskopische Untersuchungen vollkommen tauglich sein sollen, gilt als erstes Erforderniß, daß beim Einbetten des Objectes in das Einschlußmittel keine Luftblasen zurückbleiben. Man muß demnach möglichst stark auf das Partikelchen drücken, damit die zuerst geschliffene Fläche vollkommen dicht auf den Objectträger aufzuliegen



Präparir-Mikroskop
von C. Zeiß in Jena (nicht ganz 1/2 der natürlichen Größe).

kommt. Im Vergleiche zu der Herstellung von pflanzlichen und kleineren animalischen Präparaten nimmt die von Dünnschliffen viel mehr Zeit in Anspruch, nämlich $1^1/_2$ bis 2 Stunden.

Zur Untersuchung von Krystallformen bedarf man eines Hilfsapparates, des sogenannten Goniometers. Das von C. Schmidt erdachte hat folgende Einrichtung: Um die Mündung des fixirten Mikroskoprohres wird eine in $^1/_3$ Grade getheilte Kreisplatte befestigt. An der Außenwand des mit einem Fadenkreuze ausgestatteten Oculars (p) wird ein Nonius (d) angebracht. In das Centrum jenes Kreuzes schiebt man den Krystall mit dem zu messenden Winkel ein, wobei einer der Fäden mit den beiden Schenkeln jenes Winkels nach einander zur Deckung gebracht wird. Die Ocular-drehung, die hierzu erforderlich ist, wird am Nonius abgelesen. Zum Zwecke größerer Genauigkeit bei der Messung geschieht das Ablesen mit Hilfe der bei e sich befindenden planconvexen Linse.

Auf der Basis des bisher Mitgetheilten wird es dem Anfänger in der Mikroskopie nicht schwer fallen, brauchbare Präparate herzustellen. Es erübrigt aber noch Eines, d. i. der Hinweis, daß die Präparation unter demjenigen Mikroskope — sofern es ein größeres Instrument ist — dessen man sich zu den Beobachtungen und Untersuchungen bedient, nicht zugleich auch zu Präparationen geeignet ist. Hierzu ist vielmehr ein sogenanntes Präparir-Mikroskop von verhältnißmäßig geringer Vergrößerung nothwendig. Diese Mikroskope müssen überdies Einrichtungen besitzen, welche die Vornahme der Präparirungsarbeiten bequem durchführen lassen. Man verbindet zu diesem Ende das betreffende Instrument mit einem sogenannten Präparirtisch zum Auflegen der Hände.

Das Goniometer.

Es giebt verschiedenartige derlei Einrichtungen, von welchen wir die gebräuchlichsten in Abbildungen vorführen. ... Das Präparirstativ von Mayer-Zeiß besteht aus einem schweren Hufeisenfuß, um dem Instrumente eine möglichst große Stabilität zu geben. Der Tisch wird durch einen großen Metallrahmen von 10 Geviertcentimeter Fläche gebildet, an welchen bequem zusammenlegbare hölzerne Backen zum Auflegen der Hände angepaßt werden. Die Einstellung erfolgt durch Zahn und Trieb. Zum Zergliedern kleinerer Gegenstände (mittelst der Präparirnadel) auf dem Objectträger oder in einem Uhrschälchen dient das in dem gewöhnlichen Systemträger zu befestigende zweifache oder dreifache Präparirsystem und eine in den erwähnten Rahmen einlegbare Metallplatte mit Tischöffnung gewöhnlicher Größe, welche nach Belieben mit einer schwarzen oder weißen Platte nach unten abgeschlossen werden kann.

Das vorstehend erwähnte zweifache Präparirsystem besteht aus einem Objectiv mit zwei achromatischen Linsen und einem achromatischen Concav-Ocular. Der Focalabstand ist, dem Zwecke leichterer Hantirung entsprechend, sehr groß, die Vergrößerung

30fach. Nach Abſchrauben der unteren Objectivlinſe (Frontlinſe) giebt das Syſtem eine 15fache Vergrößerung. Das dreifache Präparirſyſtem beſteht aus einem Objectiv mit drei achromatiſchen Linſen und einem achromatiſchen Concav-Ocular. Der Focalabſtand beträgt 9 Millimeter, die Vergrößerung iſt 100fach. Durch Abſchrauben der dritten und zweiten Linſe des Objectes, ſowie durch Gebrauch des

Präparirſtativ.

letzteren ohne Ocular, kann man eine Reihe gut abgeſtufter, ſehr brauchbarer Vergrößerungen erlangen, wie folgende Tabelle zeigt:

mit	3	Linſen	mit	Ocular	100fache	Vergrößerung.
»	2	»	»	»	60 »	
»	1	»	»	»	40 »	
»	3	»	ohne	»	30 »	
»	2	»	»	»	20 »	
»	1	»	»	»	15 »	

Für die Betrachtung größerer Objecte, insbeſondere lebender Waſſerthiere, dienen aplanatiſche Lupen nach der Conſtruction von Steinheil. Sie ſind aus drei mit einander verkitteten Linſen zuſammengeſetzt und gewähren bei relativ großen Focalabſtänden ein großes Sehfeld. Die ſtärkeren ſind mit den Präparirmikroſkopen, die ſchwächern als Halblupen oder mit Lupenſtativ (ſiehe Seite 6) zu verwenden. Die Vergrößerungen ſind 6-, 10- und 20fach. Dieſe Lupen können mittelſt eines beſonderen, in den gewöhnlichen Syſtemträger einzuſteckenden Armes über den ganzen Objecttiſch hin bewegt werden. Der Metalltiſch iſt alsdann durch eine Glasplatte

Präparirſtativ.

erſetzt, welche ebenfalls durch unterhalb derſelben angebrachte (ſchwarze, beziehungsweiſe weiße) leicht auszuwechſelnde Platten nach Belieben mit hellem oder dunklem Untergrunde verwendet werden kann. Dieſem Apparate werden beigegeben: eine Reſerveglasplatte und ein auf den Spiegel zu ſteckender Ring, der ein kreisförmiges Stück weißen Cartons als meiſt für ſchwache Vergrößerungen ausreichende Lichtquelle feſtzuhalten hat; ferner eine in den Rahmen paſſende Meſſingplatte zum Aufkitten kleiner Diſſectionsſchalen mittelſt Paraffin, und ein Extraträger, welcher auch die weiter oben genannten zweifachen und dreifachen Präparirſyſteme über den ganzen Objectträger zu führen geſtattet. Hierzu Benützung der Abbe'ſchen Camera lucida, von der im nächſten Abſchnitte die Rede ſein wird.

Das zweite hier abgebildete Instrumentarium besteht aus einem schweren viereckigen Fuß und einem großen Tisch, an welchem mit Leder überzogene Präparirbacken angebracht werden. Die Einstellung erfolgt mit Zahn und Trieb. Zur Beleuchtung dient ein großer Hohlspiegel. — Die Einrichtung des dritten Präparirstativs ist ohne Schwierigkeit aus der beigeschlossenen Abbildung zu ersehen.

Vierter Abschnitt.

Die graphische Darstellung der Präparate.

Der Besitz einer selbstangefertigten und zusammengestellten Sammlung von Präparaten ist der Stolz eines jeden Mikroskopikers, sei er nun Fachmann oder Liebhaber. Er repräsentirt gewissermaßen einen Schatz, der ängstlich gehütet wird, insbesondere dann, wenn sich seltene oder schwer herzustellende Objecte darunter finden. Für die sofortige Orientirung aber, sowie in allen Fällen, in denen es sich um eine Verständigung mit anderen Mikroskopikern handelt, genügt das Präparat als solches nicht. Es muß auch dem Uneingeweihten ohne weiteres einleuchten, daß es etwas umständlich ist, von Fall zu Fall die betreffenden Präparate immer wieder unter das Mikroskop zu nehmen, um hinsichtlich dieses oder jenes Details nachzusehen. Für Studienzwecke reicht dies überhaupt nicht aus. Man muß das Object in bildlicher Darstellung so vor sich haben, wie es sich im Mikroskope darbietet. Welchen Werth derlei Darstellungen haben, erkennt man am besten daraus, daß alle naturwissenschaftlichen Lehrbücher voll damit sind, daß mitunter ohne Berücksichtigung des Kostenpunktes alle Hilfsmittel der vervielfältigenden Kunst aufgeboten werden, um vollendete bildliche Darstellungen von Präparaten in den Größenverhältnissen der mikroskopischen Bilder herzustellen. Thatsächlich sind es gerade diese graphischen Reproductionen, welche Demjenigen, der sich der Mikroskopie widmen will, den ersten Ansporn hierzu geben, lange bevor er ein Originalpräparat oder ein Mikroskop in die Hände bekommt.

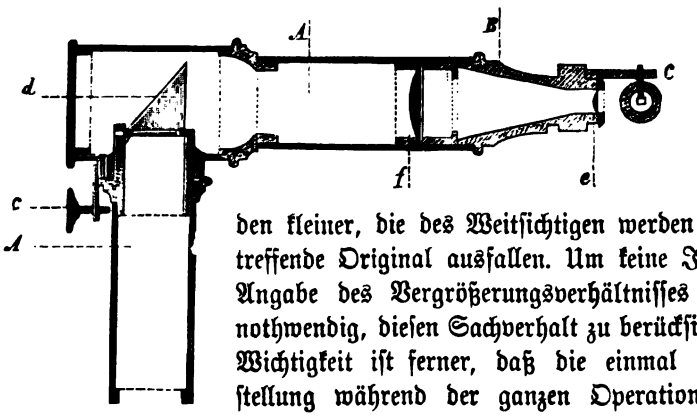
Die graphische Darstellung der Präparate kann auf zweifache Weise erfolgen: entweder durch Freihandzeichnung oder durch photographische Aufnahme. Die auf letzterem Wege hergestellten Bilder sind natürlich weitaus die werthvolleren, weil sie den Originalen durchaus entsprechen, in ihrer Gesammtheit sowohl, sowie in Bezug auf alle möglichen Details. Dieses Verfahren bedingt aber nicht nur volle Vertrautheit mit der photographischen Technik, sondern zugleich den Besitz von

zum Theil sehr kostspieligen Instrumentarien, deren Aufstellung und Handhabung überdies bestimmte Räumlichkeiten — complet eingerichtete Ateliers — erfordert. Während also zum Mikroskopiren weiter nichts als ein gutes Instrument und die nothwendigsten Hilfsapparate gebraucht werden, die sich sammt allen Utensilien auf einem einfachen großen Arbeitstische unterbringen lassen, erfordert die Ausübung der Mikrophotographie — wie diese Technik genannt wird — sehr umständliche Einrichtungen. Sie ist aber so wichtig und hat der Wissenschaft schon in der kurzen Zeit, seitdem sie prakticirt wird, so namhafte Dienste geleistet, daß dem Freunde der Mikroskopie eine allgemeine Orientirung in dieser Technik nicht vorenthalten werden kann. Die naturwissenschaftlichen Werke von heute enthalten vielfach Tafeln mit herrlichen Photogrammen. Außerdem sind dieselben, und zwar in Form von Glasphotogrammen, zum Zwecke der Vergrößerung mittelst noch näher zu besprechender Apparate in allen Lehrmittelanstalten käuflich zu erhalten. Dies Alles erheischt die Nothwendigkeit, dem Freunde der Mikroskopie entsprechende Aufklärungen über die Herstellungsweise solcher Objecte zu geben. Darüber später.

Das einfachste und gewöhnliche Verfahren in der Reproduction von Original-Präparaten ist das Zeichnen. Wer kein geübter Zeichner ist, lasse sich dadurch in keinem Falle abschrecken. Die Formelemente eines Präparates sind in der Regel so einfach, daß die Herstellung von Zeichnungen keine wesentlichen Schwierigkeiten bereitet. Dabei bietet eine Sammlung solcher Handzeichnungen den großen Vortheil, daß man, sowie sie in größerer Zahl vor dem Beschauer ausgebreitet liegen, eine klare Uebersicht über das vorhandene Material gewinnt, was bei den Originalpräparaten ihrer Kleinheit wegen nicht möglich ist. Ein Haupterforderniß der Handzeichnungen ist, daß sie möglichst treu und deutlich die im Mikroskope wahrgenommenen Details und Umrisse wiedergeben. Alle Ausschmückungen oder willkürliche Aenderungen der Formelemente — wodurch ein zwar künstlerisch wirkungsvolleres, im Uebrigen aber unwahres Bild entsteht — hat man strengstens zu vermeiden. In diesem Sinne gilt hier dasselbe Axiom, das bei der Besprechung der Qualification des Mikroskopikers hervorgehoben worden ist: Wahrheitsliebe gegenüber sich selbst und gegenüber Anderen.

Man kann mikroskopische Zeichnungen wohl auch ohne Hilfsmittel irgend welcher Art ausführen, doch werden solche Darstellungen viel an Deutlichkeit und Treue zu wünschen übrig lassen. Mit dem Gebrauche der eigens zu diesem Zwecke construirten Apparate werden der Werth und die Zuverlässigkeit der Zeichnungen ganz wesentlich gewinnen, ja unter besonders günstigen Umständen sogar einen gewissen Grad von Vollkommenheit erreichen. Das Zeichnen ohne Hilfsapparate geschieht in der Weise, daß ein Blatt Papier dicht neben den Fuß des Stativs niedergelegt wird, so daß es vom rechten Auge gesehen wird, während das linke durch den Tubus das Object betrachtet. Nach einiger Uebung macht man die Wahrnehmung, daß die Bildwirkung im Tubus sich gewissermaßen auf das Papier

überträgt, d. h. es findet auf diesem scheinbar eine Projection des auf dem Objecttische liegenden Gegenstandes statt. Diese optische Erscheinung wird bekanntlich mit dem Ausdrucke »Doppeltsehen« gekennzeichnet. Das Doppeltsehen findet auch mit einem Auge statt. Es beruht darauf, daß durch sonstige Unregelmäßigkeiten der brechenden Flächen des Auges, besonders der Linse, auch die in jeder einzelnen Meridianebene des Auges einfallenden Strahlen nicht genau in einem Brennpunkte vereinigt werden. Man nennt dies den unregelmäßigen »Astigmatismus«. Nähere Erklärungen findet man in jedem Handbuche der Physik. Eine Erforderniß, um auf diese Weise richtig und bequem zeichnen zu können, ist die Anpassung des auf das Papier gerichteten Auges auf Grund der individuellen Sehweite. Kurzsichtige müssen also mit der Brille arbeiten und unter das Zeichenpapier überdies so viele Bücher unterschieben, bis die ihrem Sehvermögen entsprechende Entfernung erreicht ist. Weitsichtige hingegen haben die Unterlagen unter das Mikroskop zu bringen.



Camera lucida von Chevalier und Oberhäuser.

Es leuchtet ohne weiteres ein, daß beide Verfahren verschieden große Zeichnungen ergeben werden; die des Kurzsichtigen werden kleiner, die des Weitsichtigen werden größer als das betreffende Original ausfallen. Um keine Irrungen betreffs der Angabe des Vergrößerungsverhältnisses zu begehen, ist es nothwendig, diesen Sachverhalt zu berücksichtigen. Von größter Wichtigkeit ist ferner, daß die einmal eingenommene Kopfstellung während der ganzen Operation beibehalten werde. Andernfalls kommen grobe, störende Unregelmäßigkeiten heraus, welche die Zeichnung sehr entwerthen.

Wir kommen nun auf die Hilfsapparate, welche zur Herstellung correcter mikroskopischer Zeichnungen unumgänglich nothwendig sind, zu sprechen. Man hat zu diesem Zwecke allerlei sinnreiche Vorrichtungen ausgedacht, von welchen die zweckmäßigsten in Bild und Wort erläutert werden sollen. Da hätten wir zunächst das Instrumentarium von Chevalier und Oberhäuser — eine Camera lucida mit einem mit zwei Prismen versehenen Ocular. Das eine der beiden Prismen befindet sich in der rechtwinkelig umgebogenen Röhre bei d, das andere in geringer Entfernung von der Ocularlinse und zwar innerhalb eines schwarzen Metallringes. f ist die Sammellinse des Oculars B. Durch das kleine Prisma im Ringe gelangen die Lichtstrahlen ins Auge des Beobachters und dieser blickt (neben dem Prisma vorbei) durch die Oeffnung des Ringes auf ein unterhalb gelegenes Blatt Papier, auf welchem das mikroskopische Bild erscheint. Um die Oberhäuser'sche Camera anzuwenden, hat man von dem Mikroskop das Ocular abzunehmen und

jene mittelst einer Schraube (c) an die Mikroskopröhre (A) zu befestigen. Der Apparat bewirkt eine vollständige Umdrehung des Bildes.

Der Oberhäuser'sche Zeichenapparat kann selbstverständlich nur bei Instrumenten, deren Tubus zum Umlegen eingerichtet ist, gebraucht werden. Für Mikroskope mit feststehendem Tubus empfiehlt sich die Nachet'sche Camera, die eine sinnreiche Anordnung von zwei Prismen — eines rhombischen und eines dreiseitigen — in einem Kästchen gruppirt sind, das sich mittelst eines Stiftes in einem Ansatzstücke im Kreise herumdrehen läßt. Das Ansatzstück ist an einem federnden Ringe befestigt, welch letzterer einfach auf das Mikroskoprohr geschoben wird. — Sehr empfohlen wird auch der beifolgend abgebildete Apparat von R. Winkel. Ein schwerer geschwärzter Eisenfuß trägt eine im oberen Theile hohle Messingsäule, an welcher der ebene, nach zwei Richtungen hin bewegliche Spiegel S und der Objecttisch T befestigt sind. In dem Hohlraume der Säule befindet sich ein senkrecht verschiebbarer Messingstab, der an dem einen Querarme den Lupenhalter L mit dem darüber angebrachten kleinen, rechtwinkeligen Prisma P trägt, während an dem anderen eine Verlängerung aufgeschoben und auf dieser ein zweites Prisma aufgeschraubt werden kann, um Objecte in natürlicher Größe zu zeichnen. Dem Apparate werden sechs achromatische Lupen mit großem Sehfelde beigegeben, welche Vergrößerungen von je 3, 4, 5, 6, 9, 11 und 15 gewähren. Die Zeichenfläche muß bei diesem Apparate nur um 45° geneigt sein.

Camera lucida von Nachet.

Zeichenapparat von R. Winkel.

Bei dem Abbé-Zeiß'schen Zeichenapparate wird die Zeichenfläche durch zweimalige Reflexion sichtbar gemacht, an einem größeren Planspiegel und an der versilberten Fläche eines kleinen Prismas im Augenpunkte des Oculars. Das

mikroskopische Bild wird durch eine Oeffnung in der Versilberung des erwähnten Prismas direct gesehen. Vermöge der dadurch erreichten Concentricität der aus dem Mikroskop und von der Zeichenfläche in das Auge gelangenden Strahlenbüschel gestattet die Vorrichtung, Bild und Zeichenstift ohne Anstrengung des Auges in Coincidenz zu halten. Der Apparat zeichnet ohne wahrnehmbare Verzehrung auf horizontaler Zeichenfläche. Die Helligkeit der letzteren wird durch Rauchgläser regulirt, welche an der Fassung des Prismas einzustecken sind. Der Apparat kann sowohl für ganz schwache Vergrößerungen, als auch mit der sechsfachen aplanatischen Lupe an den großen Präparirstativen, von denen vorher die Rede war, mit Hilfe einer besonderen Anpressungsvorrichtung benützt werden. Der Zeichenapparat ist ferner derart eingerichtet, daß sich das Prismengehäuse zum Spiegel mittelst Charniere nach hinten umklappen und eventuell ganz abziehen läßt, während das Untergestell in justirter Lage zum Tubus verbleibt.

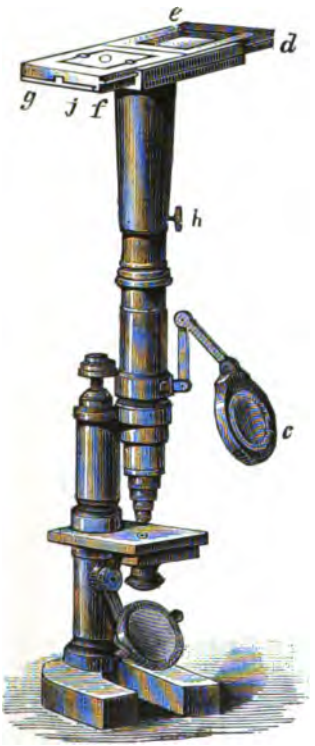
Zeichenapparat nach Abbé.

Für wissenschaftliche Zwecke eignet sich vielfach das Modelliren besser als das Zeichnen, insbesondere wenn es sich um entwickelungsgeschichtliche Untersuchungen handelt. Zu diesem Zwecke werden die einzelnen Stadien, welche der Embryo durchläuft, in Thon oder Wachs nachgebildet, wodurch man ein treffliches Anschauungsmittel für die an einem Individuum vor sich gehenden autogenetischen Wandlungen erzielt. Das Verfahren erfordert indeß, wie nicht anders zu denken, gründliche Fachkenntnisse, eine geschickte sichere Hand und viel Uebung. Der Freund der Mikroskopie wird dieses Hilfsmittels entrathen können und haben wir von demselben einfach nur der Vollständigkeit halber Notiz genommen.

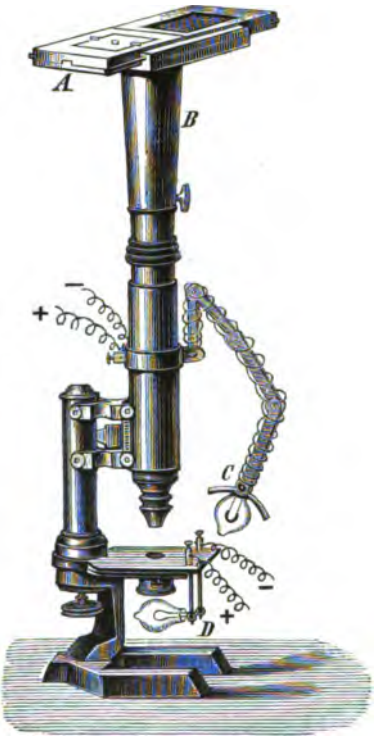
Wenn wir nunmehr auf den großen Werth der Mikrophotographie zu sprechen kommen, wollen wir — um einer bei dem Laien etwa sich einstellenden Voreingenommenheit gegen das Zeichnen nachdrücklichst zu begegnen — betonen, daß das Zeichnen in vielen Fällen unersetzlich ist, sonach von der mikrophotographischen Technik nicht verdrängt werden kann. So eignen sich beispielsweise undurchsichtige und plastische Gegenstände nicht für die mikrophotographische Darstellung. Immerhin wird die Photographie die Zeichnung zu unterstützen oder eine sichere Grundlage zu einer solchen zu geben in der Lage sein. Als feststehend aber hat zu gelten, daß man absolut richtige Größenverhältnisse nur mittelst der ob-

jectiven Bilder der Camera obscura darzuſtellen im Stande iſt, während die Camera lucida durch Verſchiebung des Bildes der betreffenden Sicherheit häufig entbehrt.

Die einfachſte Art, ein gewöhnliches Mikroſkop für mikrophotographiſche Zwecke einzurichten, bringt das hier abgebildete Inſtrumentarium von S. Th. Stein zur Anſchauung. Mit demſelben laſſen ſich indeß nur ſchwach vergrößerte Photogramme herſtellen. Die Umwandlung, welche hier an dem gewöhnlichen Mikroſkope genommen wird, beſteht darin, daß die Ocular- und die Objectivlinſe entfernt und auf das obere Ende des Tubus eine kleine photographiſche Caſſette aufgeſetzt wird.



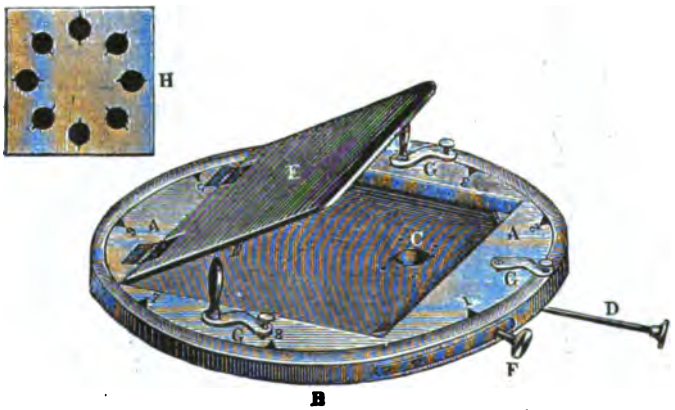
Stein's photographiſches Mikroſkop.



Einfaches elektriſch beleuchtetes Mikroſkop.

Zu dieſem Ende wird auf dem Tubus eine koniſche, aus Buchsholz gedrehte Röhre aufgeſteckt und mit der Schraube h feſtgeklemmt. Mit dieſem koniſchen Anſatzſtück ſteht ein hölzerner Schlitten in Verbindung, in welchem ſich der Rahmen e d f g leicht hin- und herſchieben läßt. Matte Scheibe und Caſſette ſind in dieſem Rahmen eingefügt. Während das Bild eingeſtellt wird, ſteht die matte Scheibe e d über dem Tubusrohre, dagegen befindet ſich die präparirte Platte unter dem Deckelchen über g f. Iſt ſcharf eingeſtellt, ſo wird das Rähmchen e d f g in den Schlitten weiter geſchoben, ſo daß der Theil g f über den Tubus des Mikroſkopes zu ſtehen kommt, während bei j der Schieber der Caſſette auf- und zugezogen werden kann. Die Linſe C dient

zur Beleuchtung undurchsichtiger Objecte.... Um mehrere Bilder auf einmal aufzunehmen, hat Benecke eine runde Cassette construirt, mit welcher man auf einer 12 Centimeter breiten quadratischen Platte (H) nacheinander acht Bilder erhält. Diese Cassette besteht aus einem kreisrunden gegossenen Messingstücke (A), aus welchem ein quadratisches Stück ausgeschnitten ist. Die runde Messingplatte dreht sich in einem Messingteller (B), der von einer kreisrunden, 2 Centimeter weiten Oeffnung (C) durchbohrt ist, in welche ein kurzes, in den Tubus des Mikroskopes passendes, durch den Schieber (D) verschließbares Rohr einmündet. An der oberen Seite wird der viereckige Einschnitt des Messingtellers (A) durch eine mit Klammern (G) verschließbare, in zwei Charnieren bewegliche Cassettenthüre (E) gedeckt. Die Verschiebung der empfindlichen Platte über dem Mikroskoprohre geschieht durch Drehung des im Teller rotirenden Messingstückes, welches, sobald eine der Bildstellen (H)



Benecke's Cassette für acht Aufnahmen.

über die Oeffnung (C) zu stehen kommt, von einer einspringenden Feder (F) festgehalten wird, was sich achtmal wiederholt.

In den nachfolgenden Ausführungen ist eine Anzahl von Instrumentarien für mikrophotographische Zwecke etwas eingehender behandelt und können wir den Lesern die Mühe nicht ersparen, sich mit den Einrichtungen dieser Apparate vertraut zu machen. Die etwas eintönigen, rein technischen Beschreibungen sind leider unerläßlich, soll der Freund der Mikroskopie wenigstens eine oberflächliche Orientirung über diesen Gegenstand gewinnen. Die beigegebenen Abbildungen, welche theils ältere Typen, theils solche allerneuester Construction darstellen, bieten übrigens der Anregung und des Interessanten genug, um für das Einerlei der Schilderung zu entschädigen.

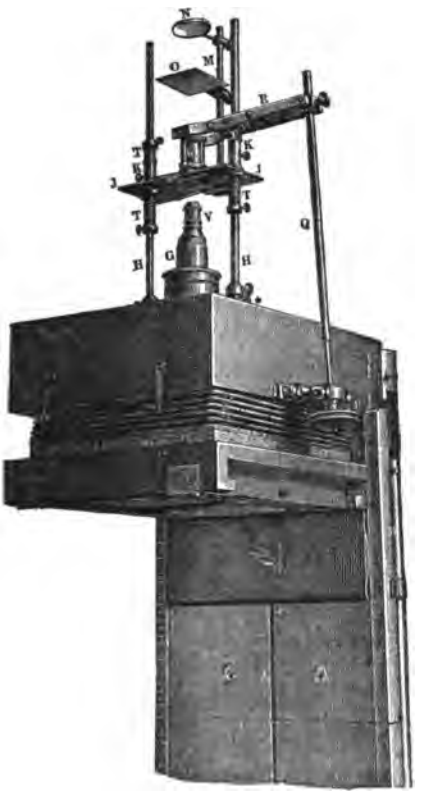
Die mikrophotographische Technik erfreut sich derzeit eines Grades von Vollkommenheit, von der man sich noch vor wenigen Jahren nichts träumen ließ. Zwar konnte schon im Jahre 1840 A. Donné der Pariser Akademie der Wissen-

schaften Abbildungen verschiedener mikroskopischer Objecte vorlegen, die er mittelst des Daguerreotypie-Verfahrens photographirt hatte. Zu gleicher Zeit stellte Dancer in London mittelst des Sonnenmikroskopes (auf das wir weiter unten zurückkommen) vergrößerte Objecte photographisch dar. Seitdem hat es nicht an Versuchen gefehlt, dieses Verfahren immer mehr zu vervollkommnen. Im Jahre 1862 veröffentlichte Prof. J. v. Gerlach eine Anleitung zur Herstellung von Photogrammen unter dem Titel: »Die Photographie als Hilfsmittel mikroskopischer Forschung.« Später haben Beale und Monteſſier das gleiche Thema in besonderen Werken ausführlich behandelt. Seitdem hat sich die Zahl der Specialwerke, dank den ungeahnten Fortschritten der photographischen Technik, ganz beträchtlich vermehrt, wie denn auch eine Reihe hervorragender Naturforscher mit großem Feuereifer für den Werth der mikrographischen Technik eingetreten ist. Dieselben sind zugleich, wie beispielsweise Dr. R. Koch, Benecke, Woodward, Huxley, Nachet, Stein u. A., Meister in dieser Technik, wodurch diese erst auf ihre wahre wissenschaftliche Höhe gebracht worden ist. Ein großer Theil des Verdienstes fällt indeß unbestritten den betreffenden optischen Anstalten zu, welche unter der theoretischen Anleitung der Gelehrten jene wunderbar exact arbeitenden und sinnreichst construirten Instrumentarien herstellten, ohne welche alle theoretische Gelehrsamheit nichts zu Wege gebracht haben würde. In diesem Sinne ist ein Ausspruch Dr. Robert Koch's sehr bemerkenswerth. Er geht dahin, daß die großen Erfolge, welche die bakteriologische Forschung in neuester Zeit zu verzeichnen hat, in erster Linie jenen Männern zu danken sind, die mit dem Schatze ihrer Sachkenntniß und dem mechanischen Genie, das die ersten Vertreter dieser Branche auszeichnet, jene wunderbaren Instrumente fertig brachten, mittelst denen die fraglichen epochemachenden Entdeckungen gemacht wurden.

Die Zahl der mikrophotographischen Instrumentarien ist Legion. Deutsche, Franzosen, Engländer und Amerikaner überbieten sich, in ihrer Kunst Vortreffliches zu leisten. Wir müssen selbst von der summarischen Aufzählung aller hervorragenden Apparate dieser Art absehen und begnügen uns mit den Vorführungen einiger einheimischer Fabrikate. Zunächst das Instrumentarium von Benecke, welches für starke Vergrößerungen zu benützen ist. Es besteht der Hauptsache nach aus einer sogenannten »Balgcamera«, deren Grundbrett (A) der bequemeren Handhabung wegen aus zwei, durch Charniere (B) verbundenen Hälften besteht. An einer Messingplatte ist der durch Zahn und Trieb vor- und rückwärts zu bewegende, mit schwarzem Sammt gefütterte Tubus (T) mit dem Objectiv (V) angeschraubt. Zu beiden Seiten des Tubus laufen zwei runde Stangen (HH), auf denen sich der mit zwei langen Hülsen (KK) versehene Objecttisch (J) verschieben läßt. An die centrale, 2 bis 3 Centimeter weite Oeffnung des Objecttisches schließt sich der vom Objective abgewandten Fläche ein kurzes cylindrisches Rohr (L) an, das zur Aufnahme des Condensors, der Blendungen und zum Eingreifen der Mikrometerschraube dient

In der Mitte des unteren Tischendes ist eine Messingstange (M) eingeschraubt, auf welcher eine achromatische Sammellinse (N) und eine blaue verschiebbare

platte (O) befestigt werden können. Die grobe Einstellung geschieht durch Bewegung des Tubus (Q), die feine Einstellung wird durch Bewegung des Objecttisches mittelst einer eigenthümlichen Mikrometerschraube (P) bewirkt. Da der ganze Beleuchtungsapparat mit dem Objecttische in fester Verbindung steht, werden, wie Benecke mittheilt,*) durch Vor- oder Rückbewegungen des Tisches die Beleuchtungsverhältnisse des Objectes in keiner Weise geändert. Der Kopf der Mikrometerschraube (P) befindet sich, um auch bei lang ausgezogener Camera bequem gehandhabt werden zu können, am hinteren Rande des Kastens und ist mit der Schraubenmutter, durch welche die Spindel der Mikrometerschraube (Q) vor- und rückwärts bewegt wird, fest verbunden. Die Bewegungen der Spindel (Q) werden durch einen Hebel (R), dessen Drehpunkt in einem auf der rechten Führungsstange des Tisches befestigten Ringe (S) liegt und der in den Cylinder (L) eingreift, auf den Objecttisch übertragen. Durch die Drehung der Mikrometerschraube nach rechts wird der Tisch auf den Stangen HH verschoben, d. h. von dem Objective entfernt, durch Drehung nach links demselben genähert. Um die sehr schädlichen Folgen eines etwaigen todten Ganges der Mikrometerschraube zu vermeiden, ist der Tisch zwischen vier Spiralfedern (T) eingespannt, welche ihm einen gleichmäßigen und soliden Gang sichern. Um den Apparat jederzeit schnell und bequem nach der Sonne richten zu können, wird derselbe auf ein parallaktisches Stativ befestigt.



Benecke's großes photographisches Mikroskop.

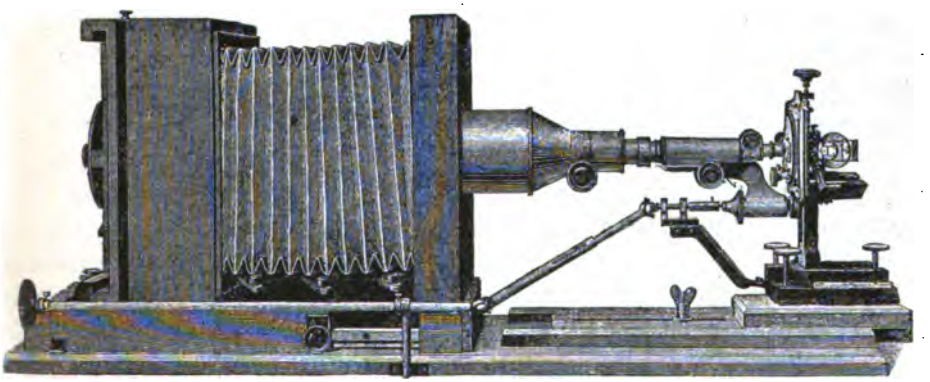
In nachstehender (Seite 121) Abbildung ist der Zeiß'sche mikrographische Apparat älterer Construction dargestellt. Zur Vororientirung des Lesers sei erwähnt, daß bei derlei Instrumentarien in der Regel ein gewöhnliches Mikroskop mit einer photographischen Camera combinirt wird. Bei horizontaler Lage der letzteren muß selbstverständlich das Mikroskop zum Umlegen eingerichtet sein. Betrachtet man die Abbildung (Seite 121) genau, so erkennt auch der Laie sofort, wie ein solches Arrangement getroffen wird. Wir sehen rechts das mit seinem oberen Theile umgelegte Mikroskop, links die Balgcamera und zur

*) S. Th. Stein, »Das Licht ꝛc.«, S. 176.

Mikroskopische Objecte.

(Längsschnitte durch verschiedene Pflanzen.) Nach mikrophotographischen Aufnahmen von M. Thouroud.

Verbindung beider etliche Vorrichtungen, welche die Theile zu einem einheitlichen Instrumentarium gestalten. Das zu demselben verwendete Stativ hat folgende, dem speciellen Zwecke entsprechende Modificationen. Der Objecttisch besitzt eine mittelst Zahn und Trieb centrirbare, durch eine Vorrichtung zur Verschiebung des Objectes in verschiedenen Richtungen mittelst Schlittenbewegung und Mikrometerschraube bewegliche Drehscheibe. Außer der groben Bewegung des Tubus durch Zahn und Trieb, und der feinen Einstellung durch die Mikrometerschraube, besitzt das Stativ noch eine für die Benützung der stärkeren Objective bestimmte, äußerst zarte und mit Ausschluß jeden todten Ganges functionirende Einrichtung, welche das Object allein zu bewegen gestattet und die feine Einstellung übernimmt, wenn die Mikrometerschraube für die bei der Mikrophotographie außerordentlich verschärften Ansprüche an die Einstellung nicht mehr zureichen sollte. Diese Einrichtung ist am Objectivende des Tubus angeschraubt und trägt in der Zeichnung ein Oel-Immer-



Zeiß' mikrographischer Apparat älterer Construction.

sionssystem. Beim Gebrauche schwacher Systeme kann die Vorrichtung ausgeschaltet werden.

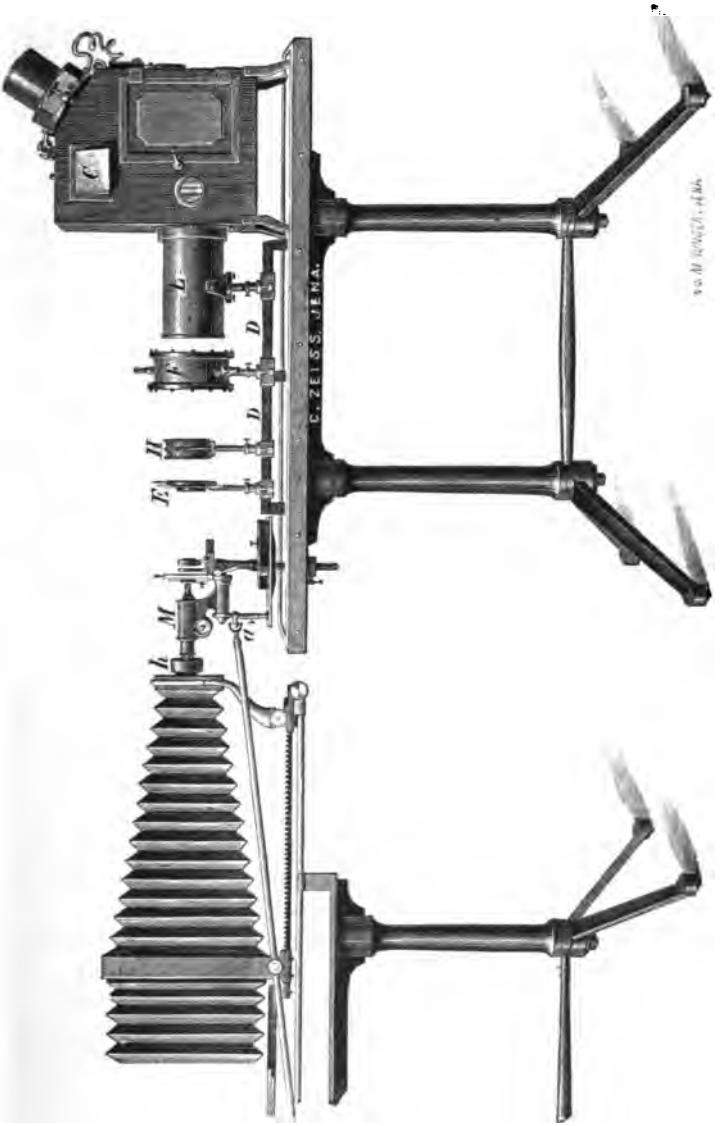
Am Auszugsrohre des Tubus befindet sich ein Gewinde, welches zur Aufnahme einer photographischen Correctionslinse bestimmt ist, durch deren Einschaltung der Strahlengang des auf die gewöhnliche Tubuslänge adjustirten Objectives für einen Bildstand von circa 1—1½ Meter corrigirt werden kann. Die stärksten Objective können auch für größere Bildabstände ohne erhebliche Beeinträchtigung der Bildschärfe für sich allein (ohne die Correctionslinse) benützt werden. In diesem Falle wird der Tubusauszug zurückgeschoben und das Mikroskop mittelst des hölzernen Schlittens, auf dem es steht, möglichst nahe an die Camera herangerollt. Der erwähnte Schlitten gewährt zugleich die Möglichkeit, das Mikroskop genügend weit von der Camera hinwegzuführen, wenn zum Photographiren auch Oculare benützt werden sollen, und der Tubus dann auf die entsprechende Länge ausgezogen werden muß. Zur Beleuchtung des Objectes mit monochromatischem Lichte dient

der Seite 37 abgebildete Apparat. Für schwache Objective empfiehlt sich die ältere Methode der Beleuchtung mittelst Sammellinse von großer Brennweite, und Kupferoxyd-Ammoniak-Cuvette. Für besondere Zwecke dient der am Stativ bequem anzubringende Abbé'sche Beleuchtungsapparat (siehe Seite 18), bei welchem eine matte Glasplatte unter der gewöhnlichen Blendungsscheibe eingeschaltet wird.

Das Stativ ist mittelst Messinganschlag auf einer durch drei Schrauben verstellbaren Eisenplatte befestigt. Letztere trägt an einem nach der Camera hin gerichteten eisernen Bügel ein mittelst zweier vorspringenden Stiftchen mit dem Kopfe der Mikrometerschraube zu verbindendes Achsenstück, welches durch Universalgelenk die Drehung der längs der Camera verlaufenden und am Ende gekerbtem Knopfe versehenen Eisenstange auf die Mikrometermutter des Stativs überträgt und auf diese Weise die feine Einstellung des Bildes von der Bildebene aus vermittelt. Die Camera hat beim ganzen Auszuge des Balges eine Länge von 80 Centimeter, ist aus Mahagoniholz gefertigt und mit Leder überzogenem Auszugholze versehen. Der Camera werden gewöhnlich zwei Cassetten für 24×24 Centimeter Plattengröße mit beliebigen Einlagen zur Verwendung kleinerer Platten beigegeben. Die luftdichte Verbindung des Mikroskoptubus mit der Camera geschieht durch Uebereinanderschieben zweier Messinghülsen, von denen die eine am Ocularende des Tubus auf diesem verschiebbar, die andere am Trichterstück der Camera durch Zahn und Trieb beweglich angebracht ist. Zur oberflächlichen Orientirung über Lage, Größe und Einstellung des Bildes dient eine gewöhnliche matte Platte, welche sich rasch mit einer Specialeinrichtung zur scharfen Einstellung des Bildes vertauschen läßt. Als Lichtquelle reicht für schwache Vergrößerungen (bis 200 linear) und bei Benützung von Trockenplatten eine möglichst helle Petroleumlampe aus. Für mittlere und starke Vergrößerungen ist Sonnenlicht mit Heliostat, Magnesium oder elektrisches Licht unentbehrlich.

Wir kommen nun zu dem neuen Zeiß'schen großen mikrophotographischen Apparate, zur Zeit wohl dem vollkommensten Instrumentarium dieser Art. Die Hauptbestandtheile desselben sind wie gewöhnlich Mikroskop und Camera. Anstatt diese Theile, wie üblich, auf einem Brett zu vereinigen, sind dieselben mit beiderseitigem Zubehör jeder für sich auf besonderem Stativ montirt und werden nur während der Aufnahme des Bildes verbunden. Dieses Arrangement wurde gewählt: erstens um zu ermöglichen, daß alle Hantirungen am Mikroskop — welche bei der sonst üblichen Montirung in gebückter Stellung sehr mühsam verrichtet werden mußten — vor diesem sitzend, mit Ruhe und Bequemlichkeit ausgeführt werden können; zweitens, um den Apparat ohne Correctur für sich als Projectionsapparat verwendbar zu machen. Während die Trennung der beiden Haupttheile die erwähnten Annehmlichkeiten hat, ist zu gleicher Zeit durch den weiter unten näher beschriebenen, höchst einfachen Lichtabschluß und die Beweglichkeit der Camera auf Schienen die lichtdichte Verbindung derselben in denkbar raschester und müheloseste Weise ermöglicht.

Jedes der größeren umlegbaren Stative, welche das Zeiß'sche Institut liefert, kann zu manchem der hier vorliegenden Zwecke mit Vortheil an dem Apparat

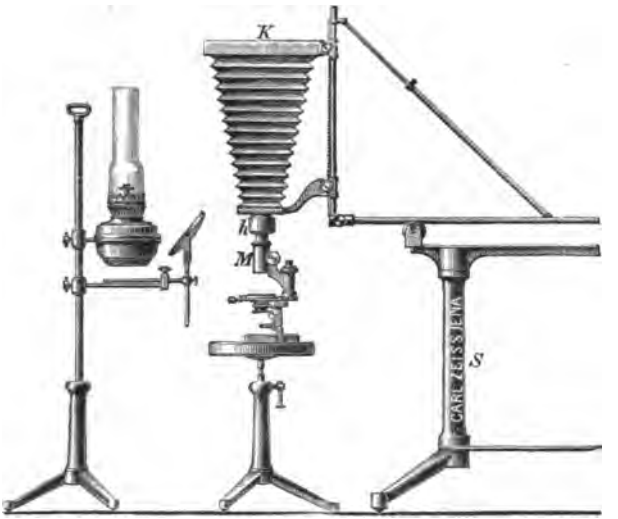


Zeiß' großer Apparat für Mikrophotographie und Projection.
M Mikroskop; h Hülsenstück zur lichtdichten Verbindung des Mikroskopes mit der Camera; a Ein- und Ausschaltungs-Einrichtung; E Blendungsträger; H Cuvettenständer; L Lichtquelle; D optische Bank.

verwendet werden. Den Bedürfnissen der Mikrophotographie speciell angepaßt ist ein dem Seite 21 abgebildeten großen Mikroskop gleichendes Instrument. Es findet seine Aufstellung auf einer, von zwei gußeisernen Säulen getragenen Mikroskopir-Tischplatte, an deren einem Ende auf einer besonderen Fußplatte

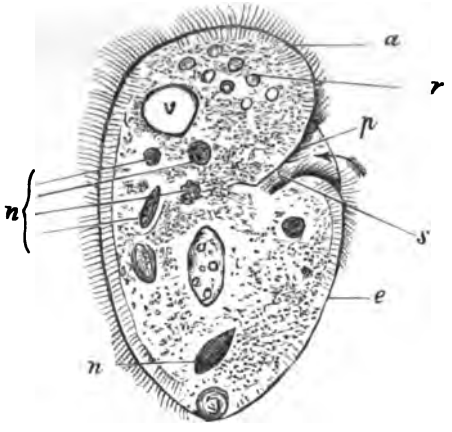
das Mikroskop Platz findet. Der mittlere Theil des Tisches ist von einer horizontalen prismatischen Stahlschiene — der sogenannten optischen Bank — eingenommen, während das andere Ende des Tisches ganz frei ist, um der zur Anwendung kommenden Lichtquelle Aufnahme zu gewähren. Das Mikroskop wird mit den auf der optischen Bank anzubringenden Hilfsapparaten ein- für allemal ausgerüstet (centrirt), und darf nur bei der Lichtquelle ein Nachstellen von Fall zu Fall stattfinden.

Die Camera für Mikrophotographie ist, wie bereits erwähnt, getrennt vom Mikroskop, und zwar ebenfalls auf einem leichten, aber soliden Gußeisenstativ (SS) mit Eisenschienen montirt, auf welchem sie sich mittelst Rollen sanft und ohne Stöße bewegen läßt. Die Gesammtlänge des Camerabalges ist $1^1/_2$ Meter. Durch Verkürzung gestattet derselbe die Anwendung jeder geringeren Bilddistanz. Um den Apparat zugleich für Aufnahmen von flüssigen Präparaten (Reinculturen u. s. w.) gebrauchen zu können, ist die Camera in zwei Hälften getheilt, deren eine, und zwar die dem Mikroskop zugewendete Hälfte, sich aufrichten und sowohl in senkrechter Stellung, wie dies beistehend abgebildet ist, als in jeder schiefen Stellung fixiren läßt. Die Bewegung der Bildebene erfolgt bei diesem Theil durch starke Trieb- und Zahnstange, auf welch letzterer sich auch das Mikroskopende der Camera bewegen läßt. Dieses trägt, wie oben erwähnt, die zum Lichtabschluß nöthige Hülse, welche aber, auf einem rasch entfernbaren Brettchen angeschraubt, leicht mit einem gewöhnlichen (makroskopischen) Photographen-Objectiv vertauscht werden kann, was die Camera auch für gewöhnliche photographische Aufnahmen geeignet macht. Beide Hälften der Camera sind für Cassetten von 24 × 24 Centimeter Bildgröße eingerichtet, welche sich durch Einlage von Rahmen für Platten von beliebiger Größe verwendbar machen lassen. Zwei Einstellplatten, von denen die eine mattgeschliffene für oberflächliche Orientirung über das Bild, die andere, durchsichtige und auf der Mikroskopseite mit Diamantkreuz versehen, für feine Einstellung des Bildes mittelst einer auf letzteres eingestellten Stelllupe dient, vervollständigen die Einrichtung. Auf Wunsch wird noch eine Schieber-Cassette



Zeiß' Camera für Mikrophotographie.

Käsemilben.



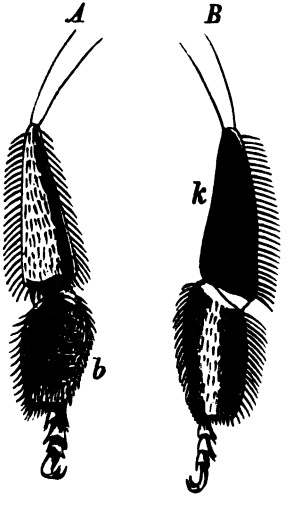
Schema eines Infusors. a Flimmerhaarbesatz, c Hülle und Umkreis des Körpers (Cuticula), n Nahrungsballen im Innern der Leibesmasse, p Mundfeld (Peristom), r bereits umgewandelte Reservenahrung, s Schlund, v contractile Vacuole.

Eine Spinnwarze mit den Spinnröhren.

Fuß einer Spinne mit zwei Webeklauen und einem Haarpinsel.

Hinterleib einer Spinne mit den 6 Spinnwarzen.

Fuß einer Kreuzspinne mit zwei großen Einschlagsklauen, einer (mittleren) Trittklaue und gezähnten Webeborsten.



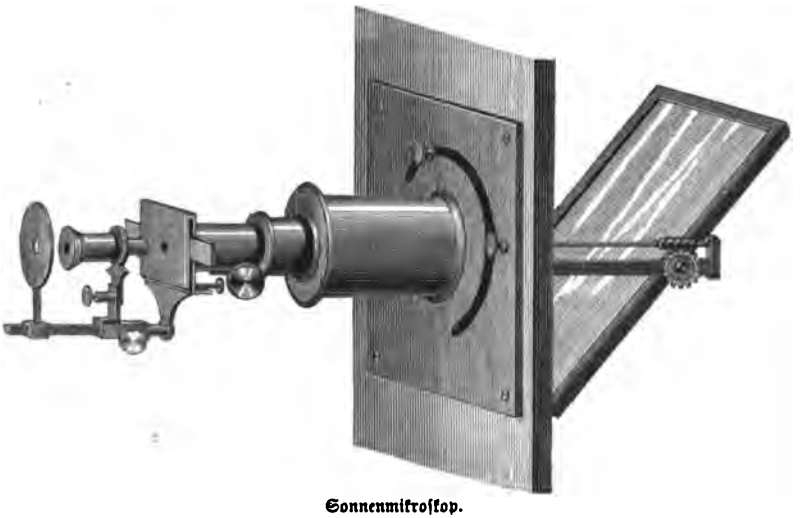
Hinterbein einer Arbeiterbiene.
A von außen mit der Bürste (b);
B von innen mit dem Körbchen (k).
Stark vergrößert.

beigegeben, deren eigenartige Form es gestattet, behufs Ermittelung der besten Expositionszeit eine größere Anzahl von Aufnahmen nebeneinander auf einer einzelnen Platte auszuführen. Zu diesem Zwecke ist diese Cassette in einer Führungsleiste verschiebbar und wird mit beliebigen Haltepunkten vor einem Blechspalt vorübergeführt, welcher nur einen schmalen, für die Beurtheilung des Erfolges jedoch hinreichenden Streifen des Bildes auf die empfindliche Platte kommen läßt. Endlich läßt sich der Camerabalg an der Cassette auch ein wenig abheben, um von vorneher eine Inspection des Bildes zu gestatten, welches auf der Innenseite der zu diesem Zwecke mit weißem Papier beklebten Cassette entworfen wird. Es ist dies die sogenannte Nachet'sche Methode.

Als optische Ausrüstung für den mikrophotographischen Apparat sind die Apochromatobjective und die Projectionsoculare (s. Seite 11 und 12) zu empfehlen. Desgleichen verwende man den apochromatischen Condensor, welcher gestattet, ein scharfes Bild der Lichtquelle in das Object zu projiciren. Für den Gebrauch des elektrischen Lichtes findet ein Sammellinsensystem Anwendung, welches abweichend von den bisher für ähnliche Zwecke üblichen Combinationen aus zwei planconvexen und einer concav-convexen Linse construirt ist. Der den Kohlenspitzen zugekehrte Theil der Linsen, welche die Sammlung der von den Kohlenspitzen divergirenden Lichtstrahlen in ein Bündel paralleler Strahlen bewirkt und dementsprechend in die hierzu am meisten geeignete Entfernung von der Lampe ein- für allemal aufzustellen ist, wendet zur Verminderung der sphärischen Aberration der Lampe eine concave Fläche zu. Der dem Mikroskope zugewendete Theil des Linsensystems, welcher die parallelen Strahlen wieder zu einem Bilde vereinigt, ist in einer Schiebebüchse beweglich gefaßt, was die Vorrückung des Sammelbildchens in der optischen Achse innerhalb ziemlich weiter Grenzen gestattet.

Die Präparate und deren Photogramme lassen sich vortrefflich für mikroskopische Demonstrationen verwerthen, wozu allerlei Apparate vorhanden sind. Die älteste Methode, ein transparentes Bild in starker Vergrößerung auf einer Wand oder einem Lichtschirm zu projiciren, ist die mittelst des Sonnenmikroskopes. Die Construction und Verwendungsart desselben dürfte wohl allgemein bekannt sein. Das Bild (Seite 128) giebt eine Ansicht dieses Instrumentes. Zur Aufstellung ist ein Zimmer mit einem nach Süden gelegenen Fenster erforderlich, um die Sonnenstrahlen, welche zur Ausführung der Operation nothwendig sind, so lange als möglich benützen zu können. Man verschließt das Fenster des Zimmers durch einen lichtdichten Laden, um eine vollkommene Dunkelheit herzustellen, und schneidet in die Mitte des Ladens eine viereckige Oeffnung von solcher Größe, daß die Grenzen derselben vollkommen bedeckt sind, wenn die große eiserne Platte des Spiegelapparates mit dem Spiegel nach außen auf die Oeffnung gelegt wird. Es empfiehlt sich, die Grenzen der Oeffnung mit Filz zu benageln, damit die Platte nach dem Anschrauben lichtdicht schließt. Der Fensterladen kann auch mit einer nach innen sich öffnenden Thür versehen und in dieser die viereckige Oeffnung ein-

geschnitten werden. Diese Einrichtung hat den Vortheil, daß man bei Regenwetter durch Oeffnen der Thür den Spiegelapparat in das Zimmer versetzt. Der Spiegelapparat besteht ganz aus Eisen; die viereckige Platte, mittelst der er an den Laden befestigt wird, hat eine große runde Oeffnung, in welcher sich der Ring mit dem eigentlichen Spiegelträger bewegt. Mittelst einer besonderen Vorrichtung wird die horizontale Bewegung des Spiegels bewerkstelligt. Dieser — der sogenannte Heliostat — leitet die Sonnenstrahlen auf ein Linsensystem, welches jene in einem Punkte vereinigt. Nahe diesem hellsten Lichtpunkte wird der mikroskopische Gegenstand zwischen zwei ausgeschnittenen Platten von Spiralfedern festgehalten. Vor diesem, nun sehr hell beleuchteten Gegenstande erzeugt das aplanatische Objectivglas auf einer weißen Wand oder auf einem Schirm das stark vergrößerte Bild. Durch-

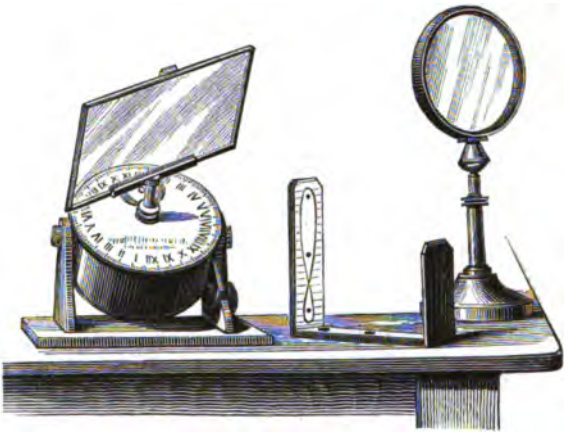


Sonnenmikroskop.

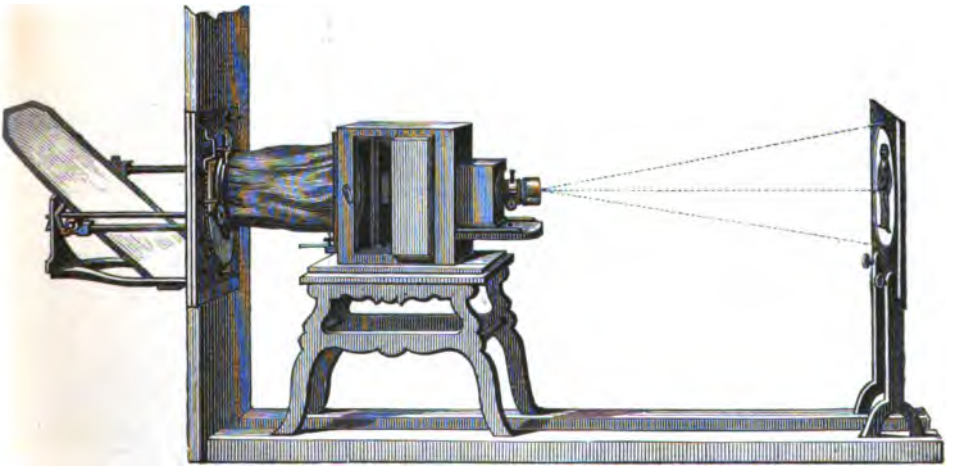
sichtige Gegenstände werden in der bekannten Weise durch auffallendes Licht beleuchtet.

Bei dem Sonnenmikroskop herkömmlicher Construction ist es ein großer Uebelstand, daß in Folge des Fortrückens der Sonne die Stellung des Heliostaten fortwährend corrigirt werden muß. Um diesem Uebelstande zu begegnen, werden Heliostaten hergestellt, welche sich automatisch einstellen. Einer der vorzüglichsten Apparate dieser Art ist der E. Hartnack's. Wie aus der Abbildung (Seite 129) zu ersehen, besteht dieser Heliostat aus einem Uhrwerke, das einen großen reflectirenden Planspiegel trägt, welcher dem Gange der Sonne regelmäßig folgt und das Sonnenbild immer auf derselben Stelle des Objectes erhält. Um seine Stellung der jeweiligen Sonnenebene anzupassen, ist dem Apparate ein Datumzeiger beigegeben (in der Abbildung in der Mitte). Nachdem der Heliostat aufgestellt und mit seiner Achse nach Norden gerichtet worden ist, wird das rechtwinkelig gebogene Stück so

auf das Centrum des Uhrwerkes gesetzt, daß der daran angebrachte Zeiger die Tageszeit auf dem großen Zifferblatt wie eine Sonnenuhr als Schattenbild angiebt, und ein durch die kleine Oeffnung des kürzeren Schenkels fallender Sonnenstrahl auf denjenigen Theil der erwähnten Curve fällt, an welchem das Datum des betreffenden Tages aufgeschrieben ist, an dem die Arbeit vorgenommen wird. Man dreht so lange das Uhrgehäuse in seiner Stellung auf und ab, bis die vorher aufgezogene Uhr die Neigung erhalten hat, in welcher auf dem aufgesteckten rechtwinkeligen Stücke der Sonnenstrahl das richtige Datum anzeigt. Ist auf diese Weise die richtige Stellung der Ebene der Uhr gefunden, so wird das rechtwinkelige Stück wieder abgesetzt und der Spiegel aufgesteckt. Der zweite in der Abbildung ersichtliche runde



Hartnack's Heliostat.

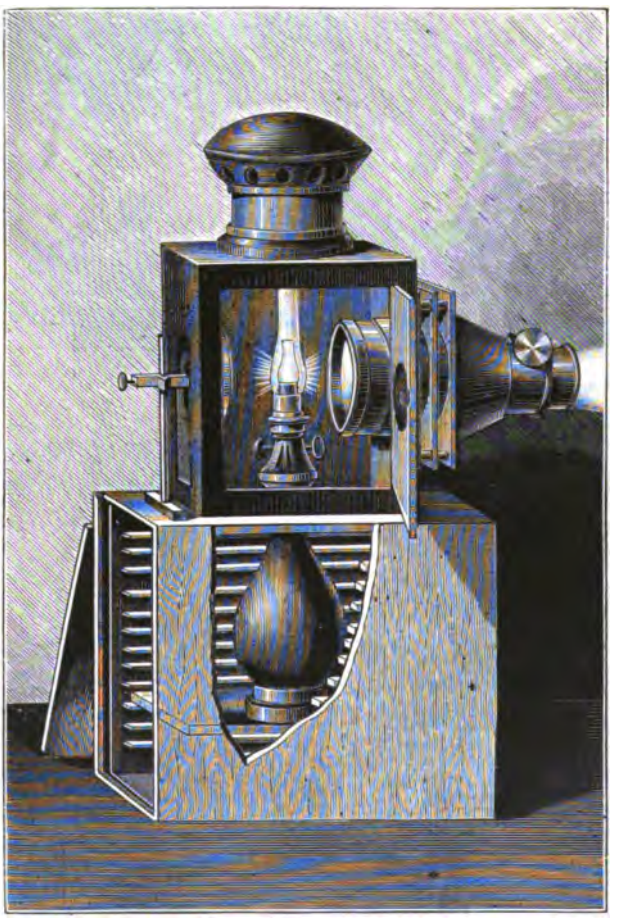


Solarcamera.

Spiegel hat das Sonnenlicht nach irgend einer beliebigen Stelle des zu beleuchtenden Raumes oder des zu beleuchtenden Präparates zu werfen.

Man kann den Spiegelapparat des Sonnenmikroskopes auch mit einer photographischen Camera in Verbindung bringen. Man nennt den auf diese Weise combinirten Apparat Solarcamera. Die beigegebene Illustration zeigt das Arrange-

ment derselben. Der Spiegelapparat ist mit der Camera nicht in feste Verbindung gebracht, sondern mittelst eines lichtdichten Sackes verbunden, damit die Erschütterung des Spiegels, welche durch die Drehung desselben während der Operation oder in Folge von Luftzug entsteht, sich nicht auf den Apparat, in welchem sich die photographische Platte (Negativ) befindet, fortpflanzen und zu einem unscharfen Bilde Veranlassung geben. Zwischen der Condensationslinse und dem Objectiv befindet sich der das kleine Negativ enthaltende Rahmen, welcher durch Zahn und Trieb in die erforderliche Entfernung vom Objectiv gebracht werden kann. Ueber die vordere, dem Schirm zugekehrte Linse des Doppelobjectives setzt man eine Blende von so großer Oeffnung, daß der Lichtstrahl durch dieselbe eben hindurchgehen kann, weil nur diejenigen Strahlen wirksam sind, welche in dem Lichtkegel der Sonnenstrahlen liegen. Die scharfe Einstellung des Bildes erfolgt, nachdem der Schirm aufgestellt ist, durch die oben erwähnte Triebbewegung an dem Rahmen des Negativs. Vorerst wird an den Schirm ein nicht präparirtes Papier geheftet. Während der Einstellung muß das Objectiv mit einer großen Centralblende versehen werden. Nach erfolgter Einstellung wird an dem Schirm das lichtempfindliche Papier befestigt, und damit während des Anheftens die Wirkung des Apparates ausgeschlossen ist, setzt man vor das Objectiv eine gelbe oder rothe Glasscheibe.

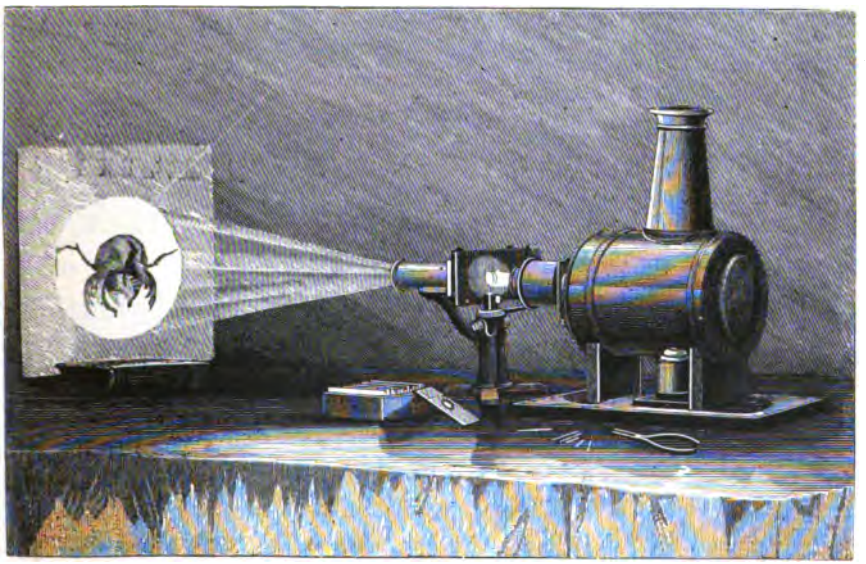


Laterna magica.

In Ermangelung des Sonnenlichtes wird dieses durch künstliche Lichtquellen ersetzt. Dieselben sind das Magnesiumlicht, das Drummond'sche Kalklicht und das elektrische Licht. Für gewöhnliche Zwecke genügt indeß Petroleumlicht und mit der

Anwendung dieſes letzteren hängt ein Apparat zuſammen, den wohl Jedermann ſchon das eine oder andere Mal gehandhabt hat. Es iſt dies die allbekannte Laterna

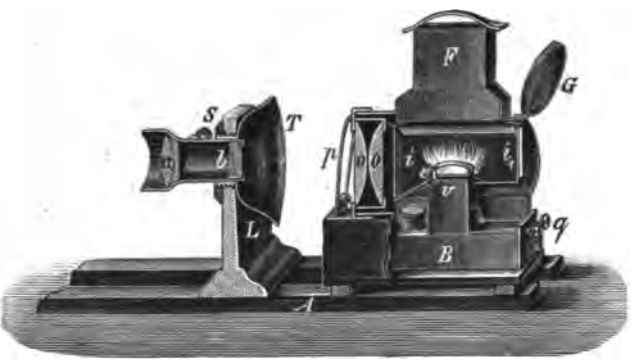
Vergrößerung mikroſkopiſcher Präparate mittelſt Laterna magica.



Vergrößerung mikroſkopiſcher Präparate mittelſt Mikroſkop und Laterna magica.

magica, die in früherer Zeit lediglich als Kinderſpielzeug diente, nunmehr aber auch für wiſſenſchaftliche Zwecke zu Ehren gekommen iſt. Freilich hat der Apparat

erst eine ausgiebige Vervollkommnung erreichen müssen, um seiner neuen Bestimmung gewachsen zu sein. Im Principe ist es der alte Apparat geblieben. Derselbe besteht (siehe Abbildung Seite 131) aus einem laternartigen Gehäuse, an dessen Rückwand ein Hohlspiegel angebracht ist, welcher das Licht einer in dessen Brennpunkt befindlichen Lampe auf die Glasplatte (Präparat oder Photogramm) wirft. Davor befindet sich ein aus zwei verstellbaren Convexlinsen bestehendes Linsensystem in solcher Entfernung von dem wiederzugebenden Bilde, daß dieses etwas außerhalb der Brennweite der zunächst vor ihr befindlichen Linse zu stehen kommt. Die von dem Hohlspiegel parallel auf die Platte geworfenen Strahlen werden durch das Linsensystem in einer gewissen Entfernung in ein vergrößertes Bild vereinigt, das auf einer weißen Wand oder ebensolchem Schirme aufgefangen wird.



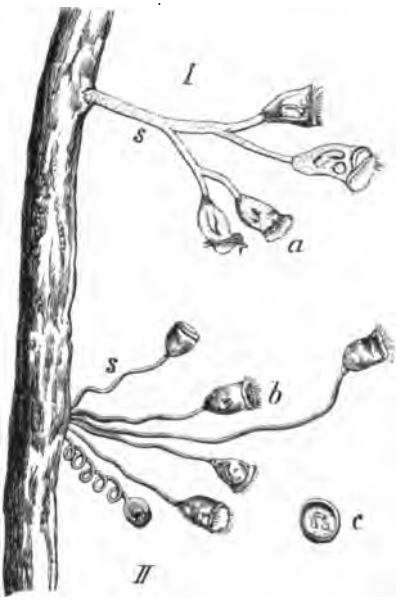
Das Scioptikon.

A Gestelle (Schlitten), B Brennstoffbehälter, F Schornstein, G Hohlspiegel, L Träger des Projectionsapparates, T dessen Schirm, S Schraube zum Einstellen des Linsenkopfes, a b Linsen, o o Condensationslinsen, p Drahtfeder, i i Glasplatten, q Schrauben zum Reguliren der Dochte, e Glasplatte, welche den Zweck hat, die Bildung von gegen die Platte i gerichteten Stichflammen an den Ecken der Dochte zu verhindern.

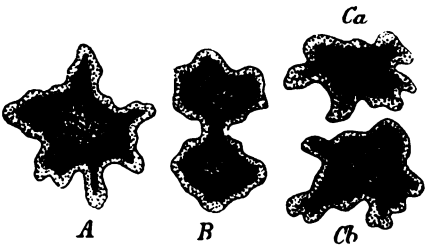
Die zweite Abbildung Seite 131 führt dasselbe Princip in etwas abweichendem Arrangement vor, indem hier die **Laterna magica** mit einem umlegbaren Mikroskop in Verbindung gebracht ist. Die Einrichtung hat den Vortheil, daß jeder Besitzer eines Mikroskopes sich weiter nichts als eine gute Zauberlaterne zu kaufen braucht, um seine Präparate einem Auditorium (Freundeskreis oder Familie) demonstriren zu können. Solche Demonstrationen sind sehr zu empfehlen, weil sie, namentlich durch den die Anschauung begleitenden Vortrag, sehr interessant und anregend sich gestalten können.

Ein gleicher Zweck wird mit dem nach dem Principe der **Laterna magica** construirten Scioptikon erreicht (siehe obenstende Abbildung). Ein solcher Apparat besteht aus einem zerlegbaren Schlitten, einem Rahmen, in welchen jedes beliebige Plattenformat eingesetzt werden kann, einem auf dem Schlitten hin und her beweglichen Kasten, der das Scioptikon trägt, mit Petroleumlampe, Hohlspiegel und Beleuchtungslinse. Beim Arbeiten mit diesem Apparate unter Zuhilfenahme von Petroleumlicht hat man zur Vergrößerung ein recht harmonisches Diapositiv zu wählen. Ehe man zur Vergrößerung schreitet, überzeuge man sich, ob sich die Lampe an der richtigen Stelle befindet. Der Lichtkreis, den das Objectiv erzeugt, muß absolut klar und rein sein und darf nirgends einen bläulichen Schein zeigen. Zum

Pinselförmige Zunge einer Biene sammt Unterlippe mit Anhängseln (stark vergrößert).

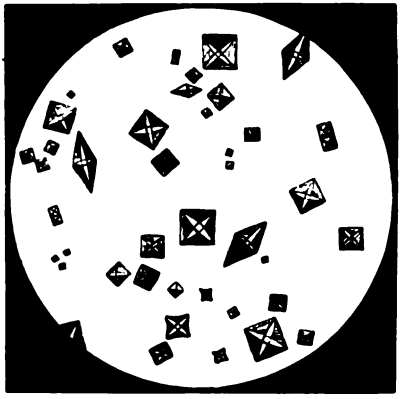


Colonien von festsitzenden Infusorien.
I Epistylis operculata (s Stiel, a Infusor); II Vorticella (s Stiel, b Infusor, c losgelöstes Einzelthier). (Nach Braß.)



Protamoeba primitiva (Amoebe). A kriechend, B in Theilung begriffen, Ca und Cb in zwei Hälften getheilt.

Durchschnitt durch eine Diphtheritismembran.
(Vergrößerung linear 700.)



Oxalsaurer Kalk.

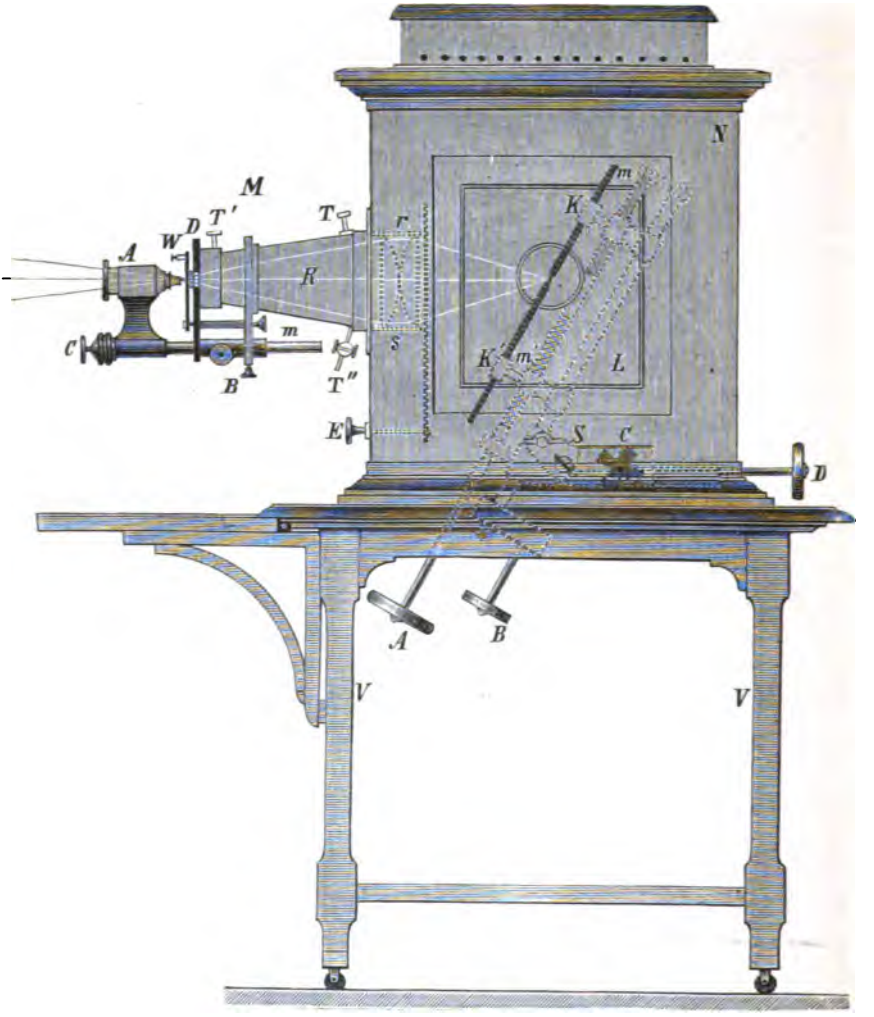
Petroleum giebt man einen geringen Zusatz von Kampher. Auch hat man dafür zu sorgen, daß das äußere Becken stets mit kaltem Wasser gefüllt sei, damit das Petroleum nicht warm werde, in welchem Falle sich eine rothe Flamme ergeben würde.

Das Scioptikon wird indeß nicht nur für Demonstrationen, sondern auch zu Reproductionen in vergrößertem Maßstabe verwendet. Im letzteren Falle tritt an Stelle des weißen Cartons die photographisch präparirte (gesilberte) Platte. Zuvor jedoch hat die ungefähre Einstellung auf den Carton zu erfolgen. Die Expositionszeit (nach Vorstellung einer gelben Scheibe) beträgt je nach Dichte des Diapositivs und Größe des gewünschten Negativs 1 bis 3 Minuten. Man kann die Vergrößerung auch auf entsprechend präparirtem Papier bewirken, doch sehen wir von der Mittheilung dieses Verfahrens ab, weil hierzu chemische Manipulationen (Silberbad, Entwickelung, Fixage) nothwendig sind. Die Benützung des Scioptikons zu Anschauungs-Demonstrationen wird mit Recht von allen praktischen Mikroskopikern empfohlen.

In neuerer Zeit wird zur objectiven Darstellung in großen Hörsälen häufig das elektrische Licht benützt. Ein derartiges Projectionsmikroskop (Seite 136) mit vorzüglicher Leistungsfähigkeit ist unter Anderen von Plößl & Co. (Wien) construirt worden. Dasselbe besteht aus einer großen hölzernen Camera N, einer elektrischen Lampe L und dem Bildmikroskope M. Die elektrische Lampe erhält ihren Strom von einer hinlänglich großen Batterie oder von einer Dynamomaschine. Die Entfernung der Kohlen KK' der Lampe L wird durch die Doppelschraube mm' und den Knopf A regulirt. Die Schraube B dient zum Heben und Senken der Lampe, während die Schraube C zum Verschieben derselben nach rechts und links, die Schraube D zum Fortbewegen nach vorne oder rückwärts bestimmt ist. Bei S befindet sich eine Flügelschraube, durch welche die Lampe in beliebiger Neigung festgehalten wird. Die Camera N ist auf einen mit einer Klappe versehenen Rolltisch VV fest aufgeschraubt. Die an dem Kasten N vorn angebrachte Schraube E dient zur Verschiebung einer hinter der Beleuchtungslinse befindlichen Blendung. Die Blendungen von verschiedener Größe sind in die Drehscheibe D eingeschnitten. Die Präparate werden durch die Scheibe W mittelst des federnden Halters m festgehalten und ist auch bei W eine Vorrichtung angebracht, um lebende Präparate unter dem Einflusse eines schwachen elektrischen Stromes beobachten zu können. Zwischen den Beleuchtungslinsen (Condensatorlinsen) rs und dem Mikroskope M ist ein konischer Behälter R angebracht, der immer mit Wasser gefüllt ist, um ausstrahlende Wärme zu absorbiren und dadurch die Präparate vor Zerstörung zu bewahren. Bei TT' wird dieses hermetisch schließende und sehr genau gearbeitete Wassergefäß gefüllt, bei dem Hahne T'' kann das Wasser abgelassen werden. Auch ist es mittelst dieser Vorrichtung möglich, bei übermäßig großer Wärmeentwickelung einen ununterbrochenen Wasserstrahl mit Hilfe anzusteckender Gummischläuche durch das vollkommen gefüllte Gefäß R gehen zu lassen, um das-

ſelbe fortwährend auf gleicher Temperatur zu halten. Die vordere und die hintere Wand des Waſſergefäßes ſind aus planparallelen Spiegelgläſern hergeſtellt.

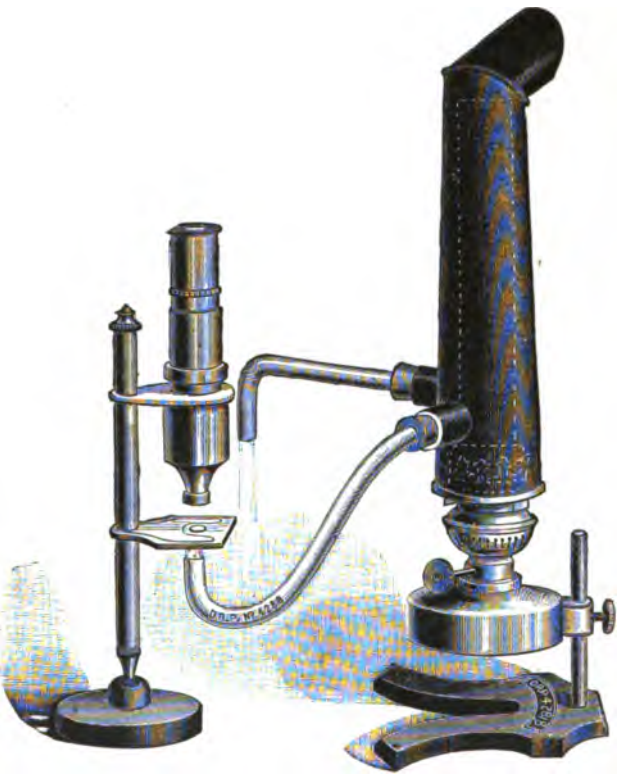
Im Nachtrage zu den Seite 59 u. ff. beſchriebenen Beleuchtungsvorrich-



Plößl's Projectionsmikroſkop.

tungen für mikroſkopiſche Unterſuchungen ſei hier noch der Gerhardt'ſchen Lampe, einer Neuerung aus jüngſter Zeit, gedacht. Bekanntlich wird das Licht bei ſeinem Gange durch Glas an der Luft total reflectirt, ſo lange der auffallende Lichtſtrahl den Winkel von circa 40° nicht überſchreitet. Dieſe Totalreflexion findet bei den Glasſtäben der vorerwähnten Lampe als Lichtleiter Anwendung. Das Licht wird darin

in voller Stärke fortgeleitet und kommt diffus und kalt zum Austritt. Die Lampe iſt vollſtändig verdeckt und die freiliegenden Stäbe laſſen kein Licht ſeitwärts heraus, ſo daß das Auge vom directen Licht abſolut unbeläſtigt iſt. Beim Gebrauche wird, wenn die Lampe angezündet und mit dem Blechmantel verſehen iſt, für durchſichtige Objecte der doppelt gekrümmte Stab in den ſchrägen Tubus bis zum Cylinder eingeſteckt, die Lampe in der tiefſten Stellung bis unter den Mikroſkoptiſch gerückt und dann durch Nähern bis an die Blende die gewünſchte Lichtſtärke erzielt und fixirt. Für die Beleuchtung undurchſichtiger Objecte wird der einfach gekrümmte Stab in den horizontalen Tubus ebenſo eingeführt wie der andere und kann beliebig gedreht, hoch und tief geſtellt werden. Das Licht iſt ruhig und gleichmäßig und für die Augen angenehm. Für ſpecielle Zwecke kann das gelbe Licht der Lichtquelle durch geeignete Farbengläſer compenſirt werden, ſo daß weißes Licht entſteht.



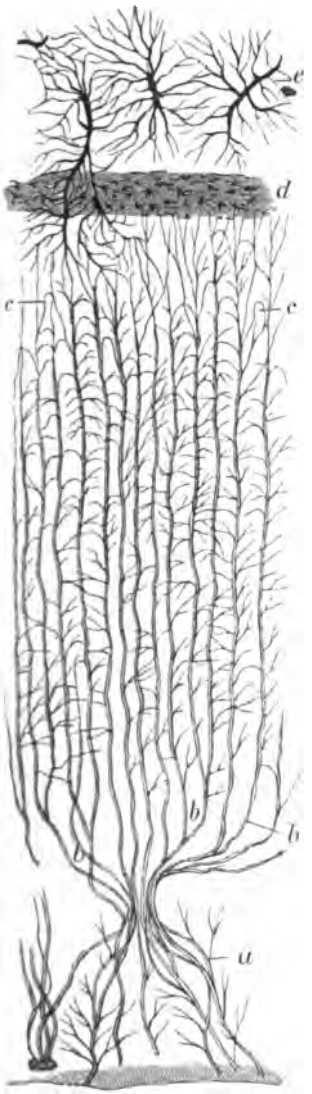
Lampe für Mikroſkopie.

Wir haben nun die Methoden kennen gelernt, welche angewendet werden, um mikroſkopiſche Präparate auf praktiſchem Wege darzuſtellen — durch Handzeichnung und Photographie, welch letztere weitaus die werthvollere iſt. Sorgfältig aufgenommene Photogramme, ſagt O. Zacharias, können in vielen Fällen das Object ſelbſt erſetzen, ja ſie ſind manchmal noch brauchbarer als dieſes, weil ſie nicht zuſammenſchrumpfen oder ſonſtwie in Geſtalt und Ausſehen alterirt werden können. Letztere Befürchtung muß man beſtändig bei ſehr zarten und (ihrer Seltenheit wegen) koſtbaren Objecten, wie thieriſche und menſchliche Embryonen in ſehr frühen Entwickelungsſtadien ſind, hegen. Dergleichen Dinge werden in Spiritus mit der Zeit ganz unanſehnlich und geben keinen Begriff mehr von ihrem früheren Zuſtande. Solche Embryonen werden darum ſofort nach ihrem Auffinden photographirt, und zwar ſtellt man nicht blos

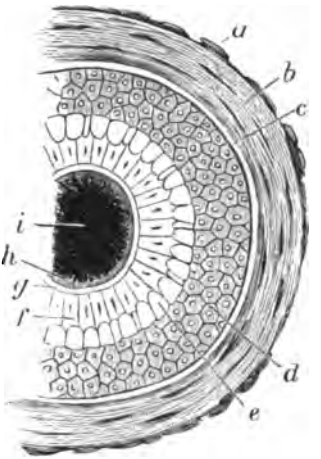
Flächen-, sondern auch Seitenansichten davon her, um später in aller Ruhe die detaillirten Gestaltungsverhältnisse (mit Hilfe der Lupe) studiren zu können. Dieser Methode der Fixirung interessanter Naturgegenstände verdankt die Wissenschaft einen guten Theil ihres Fortschrittes, und nicht blos zur Erzielung von neuen Resultaten, sondern auch zur Mittheilung der bereits erhaltenen eignet sich die Anwendung von Mikrophotogrammen in vortrefflicher Weise.

Unter allen Quellen der Belehrung ist der Sinneneindruck der nachhaltigste. Darum erweckt das innige Studium der Natur, dem lautersten Quell der Wahrheit, so innige Befriedigung, weil wir eben die Dinge, welchen unsere Gemüths- und Verstandeskräfte sich zuwenden, in den Verhältnissen und Zuständen des materiellen Daseins schauen. Mit Hilfe der Einbildungskraft werden die empfangenen Eindrücke von um so größerer Tragweite sein, je deutlicher die gesetzmäßigen, ins Unendliche greifenden Wirkungen an den Naturdingen sich kundgeben. Es ist ohne weiteres klar, daß die Steigerung solcher Wirkungen ganz wesentlich von dem Eingehen in die feinsten Zusammenhänge des Lebens abhängt, d. h. daß der Einblick in den Mikrokosmos uns den Schlüssel zu der wunderbaren Causalität in den Erscheinungen des Naturlebens liefert.

So darf man denn auch mit vollem Rechte behaupten, daß erst die Mikroskopiker in den Naturwissenschaften jene sicheren Grundlagen geschaffen haben, auf welchen sich die wahre Naturerkenntniß aufbauen könnte. Sie haben bewiesen, daß die unendliche Verschiedenheit der einzelnen Erscheinungen, welche die belebten Körper darbieten, aus allgemein giltigen, fundamentalen Gesetzen sich ableiten, welche die gesammte organische Welt beherrschen. Wie viele Untersuchungen liegen hier vor und wie viele Thatsachen haben sie festgestellt! Es ergiebt sich daher gewissermaßen die zwingende Nothwendigkeit, daß auch der Freund der Naturwissenschaften — und der Natur überhaupt — ein tüchtiger Mikroskopiker sei, dessen Thätigkeit den Inbegriff dessen bildet, was Goethe so treffend das »gegenständliche Denken« genannt hat.

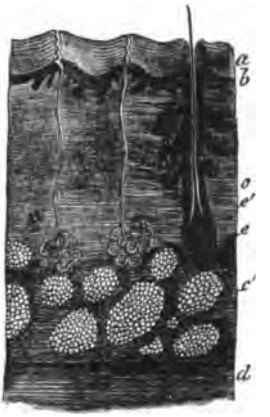


Zahncanälchen der Zahnwurzel vom Menschen, 350malige Vergrößerung. a innere Oberfläche des Zahnbeines mit spärlichen Röhren, b Theilungen derselben, c Endigungen mit Schlingen, d körnige Schicht, bestehend aus kleinen Zahnbeinkugeln an der Grenze des Zahnbeines, e Knochenhöhlen, eine mit Zahncanälchen sich verbindend.



Querschnitt durch ein Kopfhaar sammt dem Balge, etwas unterhalb der Mitte des letzteren. 350mal vergrößert. a Längsfaserhaut des Haarbalges, wenig entwickelt, b Querfaserschicht mit Bindegewebskörperchen, c Glashaut, d äußere Wurzelscheide, e innere Wurzelscheide, äußere Lage, f dieselbe innere Lage, g Oberhäutchen des Haarbalges, h Oberhäutchen des Haares, i Haar selbst.

Haar mit Haarbalg aus der Achselhöhle. a Rindensubstanz, b Oberhäutchen, c Längsfaserschicht des Haarbalges, d Querfaserschicht, e structurlose Schicht, f äußere, g innere Wurzelscheide, I Haarschaft, II Haarwurzel, p Haarkeim.



Menschliche Haut. a hornartige Oberhaut, b tiefliegende Epidermisschicht, c Hauptgewebe, c' Zackengruppen, d Muskelschicht, an die Haut anliegend, e Haarbalg und Talgdrüsen, e' zwei Schweißdrüsen.

Capillaren der getrockneten Lunge des Menschen.

Eine Endblase der unteren Speicheldrüse einer Biene, a Tunica propria, b Absonderungszellen, c Cuticula mit ihren Oeffnungen.

Inhalts-Verzeichniß.

Seite

Erster Abschnitt.

Die Mikroskope und deren Hilfsapparate 1

Allgemeine Vorbemerkungen (1). — Theorie des Mikroskopes (4). — Die Objectivlinsen (9). — Apochromat-Objective (10). — Die Farbencorrection (11). — Die Oculare und der Tubus (12). — Fuß, Säule und Objecttisch (13). — Pendeltisch oder Wippe (15). — Plan- und Hohlspiegel (16). — Beleuchtungsapparat (18). — Irisblendung (19). — Einstellung des Bildes (20). — Rathschläge in Bezug auf die Anschaffung eines Mikroskopes (23). — Das Demonstrationsmikroskop (24). — Das Reisemikroskop und das Handmikroskop (27). — Das stereoskopische Mikroskop (28). — Die mikroskopischen Hilfsapparate (29). — Schraubenmikrometer und Glasmikrometer (30). — Zählapparate (35). — Polarisations-Einrichtungen (36). — Mikrospectroskope (36). — Mikro-Spectralobjectiv (37). — Spectro-Polarisator (38). — Die Vorrichtungen zum Wechseln der Objective (38). — Schlitten-Objectivwechsler (39). — Trockensysteme und Immersionssysteme (40). — Correctionssysteme (44).

Zweiter Abschnitt.

Der Gebrauch des Mikroskopes 45

Vorbemerkungen (45). — Definitions- und Penetrationsvermögen der Linsensysteme (49). — Der Abbé'sche Apertometer (50). — Die Bestimmung der Apertur (51). — Testobjecte (52). — Testplatten (54). — Das Einstellen des Objectives (57). — Die Beleuchtung des Objectes (58). — Künstliche Lichtquellen (59). — Heizvorrichtung (61). — Mikroskop mit elektrischer Glühlicht-Beleuchtung und elektrisch heizbarem Objectisch (63). — Das Brechungsgesetz der Lichtstrahlen (64). — Die Zusatzflüssigkeiten (67). — Das Auge des Mikroskopikers (68). — Scheinbare Größe der Gegenstände (69). — Rathschläge (70). — Wirkliche und scheinbare Zustandsänderungen der mikroskopischen Objecte (73).

Dritter Abschnitt.

Die Präparate 74

Die käuflich erhältlichen Präparate und deren Werth (74). — Die Objectträger (76). — Die Deckgläschen (79). — Das Präparirbesteck (80). — Versuchs-Aquarium für Protozoen (81). — Objectträger für Untersuchung infusoriellen Lebens; feuchte Kammern (83). — Beschaffung der Protozoen (84). — Geräthe hierzu (86). — Untersuchung größerer lebender Organismen (86). — Das Tingiren (87). — Die

Seite

Schnittpräparate (88). — Die Mikrotome (91). — Serienpräparate (93). — Imbibitions- und Injectionspräparate (94). — Die Dauerpräparate (96). — Einschlußmittel für Dauerpräparate (97). — Montirung der Präparate (98). — Specielle Fälle (101). — Präparirung von Blutzellen (102). — Blutkrystalle (103). — Präparirung der Mineralien; Dünnschliffe (104). — Das Goniometer (107). — Die Präparir-Mikroskope (107).

Vierter Abschnitt.

Die graphische Darstellung der Präparate 110

Vorbemerkungen (110). — Reproduction durch Handzeichnung (111). — Die Camera lucida (112). — Zeichenapparate (113). — Die Mikrophotographie (114). — Einfaches photographisches Mikroskop mit und ohne Beleuchtungsvorrichtung (115). — Aufnahme von Serienbildern (116). — Mikrophotographische Instrumentarien (117). — Die Zeiß'schen Instrumentarien (118). — Die Präparate und deren Photogramme als Demonstrationsobjecte (127). — Das Sonnenmikroskop (128). — Hartnack's Helioſtat (129). — Die Solarcamera (129). — Die Laterna magica und ihre Anwendung in der Mikroskopie (131). — Das Scioptikon (132). — Das Projectionsmikroskop von Plößl (135). — Die Gerhardt'sche Lampe (136). — Schlußbemerkungen (137).

Stärkekörner. (Vergr. 400. Photogramm von O. Wiegand in Zeiß.) 1. Aus der Bohne. — 2. Aus Weizen. — 3. Aus der Kartoffel. — 4. Aus der Galgantwurzel. — 5. Aus Euphorbia splendens. — 6. Aus Sassaparillwurzel.

Verzeichniß der Abbildungen.

	Seite
Schema eines einfachen Mikroskopes	5
Einfaches Mikroskop	6
Lupenstativ von C. Zeiß	6
Gang der Lichtstrahlen im zusammengesetzten Mikroskop	8
Taschenmikroskop	9
Zusammengesetztes Mikroskop	9
Sammellinsen, Zerstreuungslinsen, Doppellinsen	10
Großer beweglicher Objecttisch	14
Die Wippe am Mikroskop	15
Beleuchtungsapparat von Abbé-Zeiß	18
Großes Mikroskop von Zeiß in Jena	19
Irisblendung	20
Großes Mikroskop mit beweglichem Objecttisch (Vollbild)	21
Demonstrations-Mikroskop	24
Hilfsmikroskop für das Laboratorium, sowie für technische Zwecke (Vollbild)	25
Reisemikroskop von Zeiß	27
Handmikroskop; bioculares Mikroskop, Schema zu letzterem	28
Stereoskopisches Ocular von C. Zeiß	29
Object-Schraubenmikrometer von C. Zeiß	30
Ocularmikrometer	31
Mikrophotographie eines Mikrometers	32
Mikroskopische Objecte (Tafel)	33
Pferdekrätzmilbe	35
Polarisator	36
Beleuchtungsapparat für monochromatisches Licht	37
Mikro-Spectralobjectiv	38
Spectro-Polarisator	39
Revolver-Vorrichtung für fünf Objective; Schlitten-Objectivwechsler	40
Mikroskopische Objecte (Tafel)	41
Correctionsfassung	44
Mikroskopische Objecte (Tafel)	47
Apertometer	50
Pleurosigma angulatum ꝛc.	53
Testplatte	54
Mikroskopische Objecte (Tafel)	55
Einfache Beleuchtungs-Vorrichtung	60
Elektrische Lampe mit Gelenkführung	61
Elektrische Lampe	61
Heizvorrichtung	62
Mikroskop mit elektrischer Glühlicht-Beleuchtung und elektrisch heizbarem Objecttisch	63
Brechungsgesetz	64
Mikroskopische Objecte (Tafel)	65
Mikroskopische Objecte (Tafel)	71
Objectträger	76
Mikroskopische Objecte (Tafel)	77
Deckgläschen	79
Versuchs-Aquarium für Protozoen	81
Objectträger für mikroskopische Untersuchungen lebender Mikroorganismen	83
Geräthe zum Einsammeln der Protozoen	85
Vorgang bei der mikroskopischen Untersuchung eines lebenden Frosches	86
Vorgang bei der mikroskopischen Untersuchung eines lebenden Fisches	87
Valentini's Doppelmesser	88
Mikroskopische Objecte (Tafel)	89
Mikrotom älterer Construction; Körting's Mikrotom	91
Fromme's neuestes Patent-Mikrotom	92
Montirung des Präparates mittelst Lackring	98
Mikroskopische Objecte (Tafel)	99
Kleiner Süßwasserpolyp	101
Blutkörperchen	102

	Seite
Farbige Blutzellen; Blutkrystalle ꝛc.	103
Präparir-Mikroskop (Vollbild)	105
Das Goniometer	107
Präparirstativ	108
Präparirstativ	109
Camera lucida von Chevalier und Oberhäuser	112
Camera lucida von Nachet; Zeichenapparat von R. Winkel	113
Zeichenapparat von Abbé	114
Stein's photographisches Mikroskop; einfaches elektrisch beleuchtetes Mikroskop	115
Benecke's Cassette für acht Aufnahmen	116
Benecke's großes photogr. Mikroskop	117
Mikroskopische Objecte (Tafel)	118
Zeiß' mikrographischer Apparat älterer Construction	121
Zeiß' großer Apparat für Mikrophotographie und Projection	123
Zeiß' Camera für Mikrophotographie	124
Mikroskopische Objecte (Tafel)	125
Sonnenmikroskop	128
Hartnack's Helioſtat; Solarcamera	129
Laterna magica	130
Vergrößerung mikroskopischer Apparate mittelst Laterna magica ꝛc.	131
Das Scioptikon	132
Mikroskopische Objecte (Tafel)	133
Plößl's Projectionsmikroskop	136
Lampe für Mikroskopie	137
Mikroskopische Objecte (Tafel)	139
Stärkekörner (Photogramm)	142
Lebermoos	144

Lebermoos.

Seite

Farbige Blutzellen; Blutkrystalle ⁊c. . . 103
Präparir-Mikroskop Vollbild . . . 105
Das Goniometer 107
Präparirnadeln 108
Präparirmesser 109
Camera lucida von Chevalier und Oberhäuser 112
Camera lucida von Nachet; Zeichenapparat von R. Winkel 113
Zeichenapparat von Abbé 114
Stein's photographisches Mikroskop; einfaches elektrisch beleuchtetes Mikroskop . 115
Benecke's Cassette für acht Aufnahmen . 116
Benecke's großes photogr. Mikroskop . . 117
Mikroskopische Objecte (Tafel) . . . 118
Zeiß' mikrographischer Apparat älterer Construction 121
Zeiß' großer Apparat für Mikrophotographie und Projection 123
Zeiß' Camera für Mikrophotographie . . 124
Mikroskopische Objecte (Tafel . . . 125
Sonnenmikroskop 128
Hartnack's Helionat; Solarcamera . . . 129
Laterna magica 130
Vergrößerung mikroskopischer Apparate mittelst Laterna magica ⁊c. 131
Das Scioptikon 132
Mikroskopische Objecte Tafel . . . 133
Plößl's Projectionsmikroskop 136
Lampe für Mikroskope 137
Mikroskopische Objecte (Tafel) . . . 139
Stärkekörner (Photogramm) 142
Lebermoos 144

Lebermoos.

Druck von Friedrich Jasper in Wien.

THIS BOOK IS DUE ON THE LAST DATE
STAMPED BELOW

AN INITIAL FINE OF 25 CENTS
WILL BE ASSESSED FOR FAILURE TO RETURN
THIS BOOK ON THE DATE DUE. THE PENALTY
WILL INCREASE TO 50 CENTS ON THE FOURTH
DAY AND TO $1.00 ON THE SEVENTH DAY
OVERDUE.

BIOLOGY LIBRARY

AUG 3 1944

MAY 4 1961

LD 21-10m-5,'43(6061s)

U.C. BERKELEY LIBRARIES
C026064514